МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

Е. М. МАРТЫНОВ

ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ



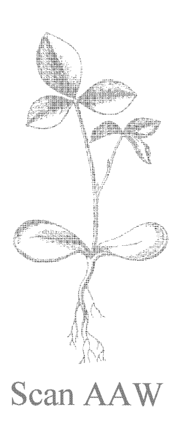
МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 696

Е. М. МАРТЫНОВ

ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ

Издание второе, переработанное и дополненное





«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1969

6П2.15
М29
УДК. 62-52

Мартынов Е. М.

М 29 Электронные устройства дискретного действия, изд. 2-е, переработ. и доп., М., «Энергия», 1969 г. 144 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 696)

В книге описываются схемы и конструкции ряда автоматических электронных устройств на транзисторах, полупроводниковых диодах, ферритовых сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса и газоразрядных приборах, оперирующих с дискретной информацией (электронные телеграфные ключи, электронные программирующие часы и устройства управления по радио движущимися моделями). Даны рекомендации по их конструированию и налаживанию.

Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей, руководителей электротехнических и радиотехнических кружков и может быть полезна также инженерам и техникам, работающим в области автоматики.

3-4-5
329-69

6П2-15

Предисловие

Для различных целей автоматизации, программирования и управления производственными процессами применяются устройства, оперирующие с информацией дискретного действия. В частности, к ним относятся устройства дискретного вида, описанные в данной книге: электронные телеграфные ключи, электронные программирующие часы и устройства управления по радио, в которых в качестве переключательных элементов применены транзисторы, полупроводниковые диоды, ферритовые сердечники с прямоугольной петлей гистерезиса и газоразрядные приборы. Эти устройства, разработанные автором, расположены в книге в порядке возрастания их сложности и подобраны таким образом, что они могут представлять как практический интерес для применения их в народном хозяйстве, так и познавательный интерес в деле повышения уровня радиотехнических знаний радиолюбителей.

Следует указать, что описываемые автоматические устройства являются в целом сложными устройствами, но в то же время применяемые в них схемы во многих случаях проще, чем схемы в обычном радиоприемнике. Поэтому подобные устройства могут быть быстро освоены не только подготовленными, но и начинающими радиолюбителями под руководством опытных руководителей радио- и электротехнических кружков.

Ввиду небольшого объема книги в нее не включены описания принципов работы отдельных элементов и устройств, таких, как триггеры, мультивибраторы и др. Эти устройства достаточно подробно описаны во многих изданиях массовой радиобиблиотеки и другой литературе.

Во втором издании в описаниях устройств произведены изменения, направленные на упрощение схем устройств и на повышение надежности их работы. Кроме того, добавлено описание новых устройств.

Автор

Введение

Автоматизация производственных процессов в самых различных отраслях народного хозяйства является одной из важнейших задач настоящего времени.

Развитие же современной автоматики немыслимо без широкого использования средств электронной техники, полупроводниковых приборов и ферромагнитных материалов. Аппаратура с использованием указанных средств обладает малым потреблением энергии от источников питания, малыми габаритами и достаточно высокой надежностью в работе.

Важным достоинством электронных приборов является высокое быстродействие, позволяющее управлять многими объектами, движущимися с большими скоростями.

Все применяемые в настоящее время средства автоматики, в том числе и вычислительные машины, являющиеся автоматами для переработки информации, по принципу действия разделяются на два больших класса: устройства непрерывного действия и устройства дискретного действия. Это деление обусловлено видом представления управляющих сигналов — носителей информации.

В электронных устройствах непрерывного действия информация, подлежащая переработке, представляется в виде непрерывно изменяющихся электрических сигналов, например значений напряжений, тока и фазы электрических колебаний.

В устройствах дискретного действия, описываемых в этой книге, управляющие сигналы представляются в виде дискретных, резко различных значений той или иной величины. Примерами подачи подобных сигналов могут служить электромагнитные реле (контакты которых могут только включать или выключать электрический ток), крыло железнодорожного семафора, огни светофора и даже обыкновенная электрическая цепь с кнопкой и батареей на одном конце и звонком — на другом.

В приведенных примерах можно заметить одну общую особенность. Крыло семафора при подаче сигнала передвигается в одно из крайних положений. Если же крыло семафора окажется в промежуточном положении, то машинисту локомотива трудно понять, какой подан сигнал. Вероятнее всего, что произошла ошибка. Реле может находиться только в двух крайних состояниях: якорь притянут или не притянут. И наконец, в последнем примере, нажимая кнопку или отпуская ее, мы заставляем звонок звонить или молчать; среднего состояния быть не может.

Хотя для передачи сигналов были использованы те же физические средства, что и в устройствах непрерывного действия, существенно отличным оказался способ представления информации, который и называется дискретным.

Важнейшая особенность автоматических устройств дискретного действия заключается в том, что элементы подобных устройств работают по грубому принципу: «да» или «нет», т. е. сигнал имеется или сигнал отсутствует.

Благодаря такому принципу изменение параметров схем не сказывается на правильности работы автоматических устройств, и поэтому такие устройства весьма надежны в эксплуатации.

Дискретные значения параметров обычно принято обозначать так: сигнал имеется — «1», сигнал отсутствует — «0».

Необходимо отметить, что точность работы автоматических устройств непрерывного действия, вообще говоря, ниже, а их электрические схемы — значительно сложнее, более громоздки и менее надежны в эксплуатации по сравнению с устройствами дискретного действия. Основной недостаток устройств непрерывного действия заключается в необходимости поддерживать с большой точностью постоянство параметров схем при колебаниях напряжений, температуры и других факторов. Кроме того, устройства непрерывного действия не могут решать логические задачи.

Вследствие этого в последнее время автоматические устройства дискретного действия получили весьма широкое распространение.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТЕЛЕГРАФНЫЕ КЛЮЧИ

Общие сведения из телеграфии

Телеграф — одно из основных средств быстрого обмена документальной информацией. Вместе с тем по телеграфу могут также вестись и переговоры непосредственные, двусторонние. Исключительно большое значение приобрело применение буквопечатающей аппаратуры для работы по радио, что чрезвычайно повысило роль телеграфа как в общей системе народного хозяйства, так и в военном деле.

В современной телеграфной связи носителем передаваемых сообщений является электрический сигнал, который может быть передан по проводам или радиолиниям. В телеграфии сигналом называют один или группу электрических импульсов, представляющих собой условное обозначение передаваемого сообщения. Между сигналом и сообщением должно быть однозначное соответствие, чтобы на приемном конце сигнал мог быть снова превращен в сообщение, тождественное переданному. Это обратное превращение выполняется приемником телеграфного аппарата. Однозначное соответствие между сигналом и сообщением в телеграфной передаче достигается путем введения определенной системы кодирования сигналов.

В общем случае сущность кодирования заключается в том, что информация, отражающая какой-либо факт или событие, преобразовывается из одного физического алфавита в другой. Например, мы видим, что надвигается ураган. Воспринятая человеком информация о происходящем событии — приближении урагана — и изображенная на бумаге в виде определенного сочетания букв письменного алфавита и есть не что иное как кодирование, т. е. преобразование одного физического алфавита — алфавита природы — в другой — создание факта и отражение его в виде текста сообщения. Последний в свою очередь для передачи по каналу связи может быть преобразован в следующий алфавит, например в электрические импульсы, чем-либо отличающиеся друг от друга.

В телеграфии письменный алфавит преобразуется в определенную последовательность сигналов, представленных в виде электрических импульсов, в соответствии с телеграфным кодом. На приемном конце эти импульсы воздействуют на приемник телеграфного аппарата, который производит обратное превращение принятых сигналов в сообщение в виде текста.

Система телеграфной связи может быть представлена блок-схемой, приведенной на рис. 1. Из схемы видно, что система связи состоит из передатчика, приемника и линии связи (проводной или

радио), а также источников внутренних и внешних помех, снижающих устойчивость и надежность телеграфной связи

Превращение сообщения в сигнал и, наоборот, сигнала в сообщение выполняется автоматически телеграфным аппаратом или вручную оператором.

В последнее время для передачи сообщений по линиям связи разработано большое количество разнообразных кодов, которые по количеству используемых различительных признаков разделяются на двухпозиционные (двоичные), трехпозиционные (троичные) и т. д.

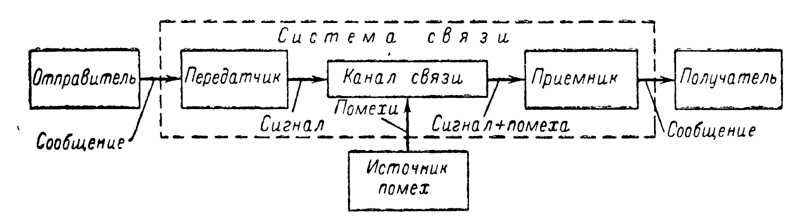


Рис. 1. Блок-схема телеграфной связи.

Двухпозиционные коды основаны на представлении знаков письменного алфавита в виде двоичных чисел — кодовых комбинаций, где каждый разряд двоичного числа представляется в виде двух дискретных значений: «1» и «0».

По степени помехозащищенности и экономичности коды разделяются на обыкновенные, оптимальные и корректирующие. В свою очередь корректирующие коды разделяются на коды с обнаружением ошибок и на коды с обнаружением и исправлением ошибок.

По времени, которое необходимо для передачи каждой кодовой комбинации, коды разделяются на равномерные и неравномерные.

Комбинации равномерного кода составляются из последовательности одинакового количества элементарных импульсов, обычно пятиразрядных (код Бодо и СТ-2М). Комбинации для некоторых знаков представлены на рис. 2, *а*.

Элементарным импульсом называется самый короткий импульс, положенный в основу кодовой комбинации телеграфного кода. Длительность элементарного импульса разряда будем обозначать буквой τ.

Пятиразрядный код позволяет получить 32 комбинации:

$$A = 2^n = 2^5 = 32,$$

где n — число разрядов в кодовой комбинации.

Для обычного текста телеграмм необходимо иметь 54 комбинации, обозначающие 32 буквы алфавита, 10 цифр и 12 знаков препинания. Для кодирования такого количества знаков наиболее близко подходит шестиразрядный код ($n=6$), с помощью которого можно образовать 64 различные комбинации.

Однако в буквопечатающих аппаратах имеется возможность одной и той же комбинацией обозначать два различных знака, обычно букву и цифру — и с помощью специального приспособления, называемого регистром, отпечатать по желанию тот или дру-

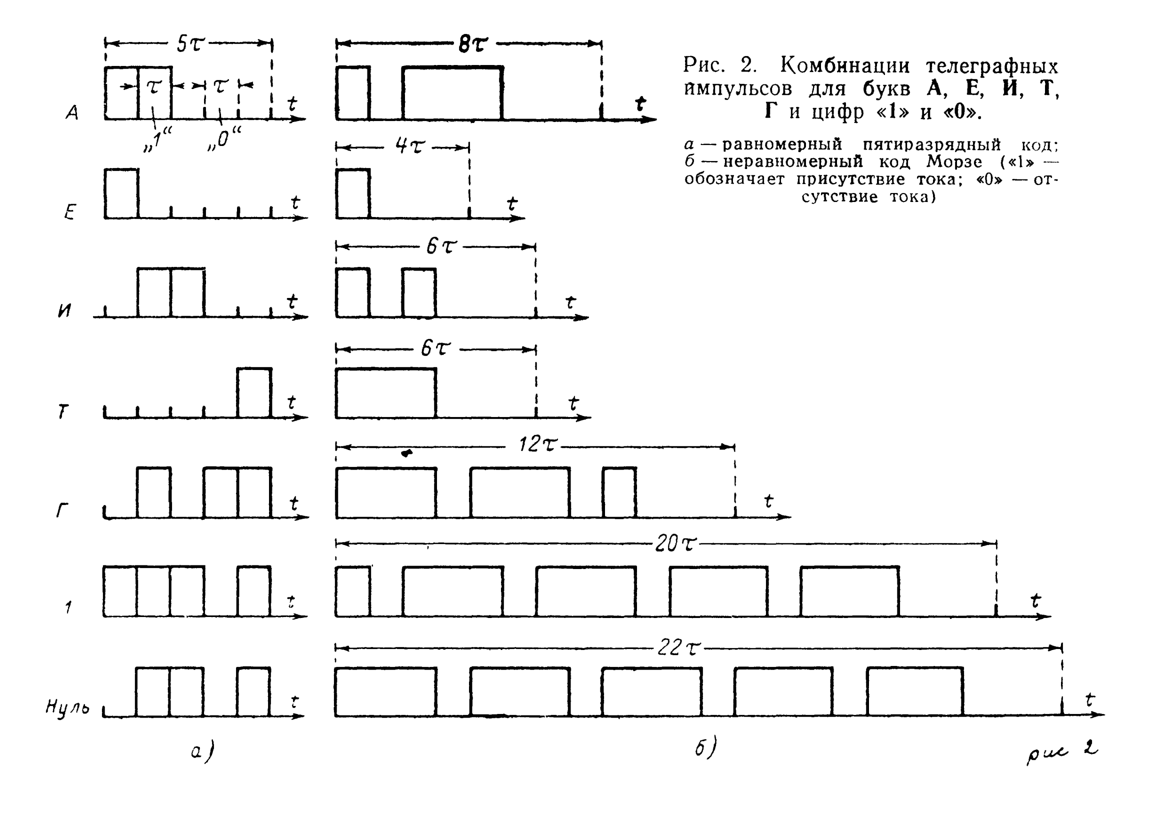


Рис. 2. Комбинации телеграфных импульсов для букв **А, Е, Й, Т, Г** и цифр **«1»** и **«0»**.

а — равномерный пятиразрядный код; *б* — неравномерный код Морзе («1» — обозначает присутствие тока; «0» — отсутствие тока)

гой знак, например так, как это сделано в пишущих машинках (принципы построения регистрового кода см. на стр. 112). В этом случае число необходимых комбинаций уменьшается вдвое и поэтому можно использовать для передачи сообщения пятиразрядный код.

Из приведенных на рис. 2, *а* примеров для некоторых комбинаций знаков равномерного пятиразрядного телеграфного кода видно, что все комбинации составлены из пяти разрядов («1» и «0»), каждый из которых имеет длительность τ. Следовательно, для передачи каждой комбинации требуется одинаковое время.

Одним из преимуществ равномерного пятиразрядного кода по сравнению с неравномерным является то, что конструкция буквопечатающих телеграфных аппаратов с равномерным кодом значительно проще.

Недостаток равномерного пятиразрядного кода — трудность чтения его комбинаций из-за отсутствия пробелов между буквами и словами и невозможность передачи импульсов по этому коду при помощи простейших передатчиков, например ключа.

Рассмотренный код называется обыкновенным, так как в нем для передачи информации использованы все комбинации, получаемые из данного количества элементов.

Соответственно, если для передачи информации используются не все возможные комбинации, получаемые из данного количества разрядов, такой код называется кодом, корректирующим ошибки, или просто корректирующим кодом. Некоторые подробности о принципе построения корректирующих кодов даны в гл. 3 (см. стр. 113—117).

Неравномерный код характеризуется тем, что каждая его комбинация образуется из последовательности разного количества элементарных импульсов. К этой группе относится код Морзе.

Рассмотрим принципы построения кода Морзе. Код Морзе является двухпозиционным кодом. В этом коде каждому знаку соответствует комбинация из коротких и длинных импульсов тока. Короткий импульс называется точкой, а длинный, равный по своей длительности трем точкам, называется тире. Точка и тире, составляющие комбинацию знака, отделяются друг от друга пробелами, равными по длительности одной точке, а цифры и буквы в слове — пробелами, равными по длительности трем точкам. Слова и числа друг от друга отделяются пробелом, равным по длительности пяти точкам.

На рис. 2, *б* показаны комбинации телеграфных импульсов для некоторых букв и цифр по коду Морзе. Из рисунка видно, что промежутки времени, которые необходимо затратить на передачу отдельных букв и цифр этим кодом, неодинаковы. Самая короткая комбинация — буква **Е** — с учетом пробела равна по времени четырем элементарным импульсам, а самая длинная — **0** (нуль) — 22 элементарным импульсам.

Эта неравномерность комбинаций является основным недостатком кода Морзе, которая сильно усложняет конструкции буквопечатающих телеграфных аппаратов. Вследствие этого буквопечатающие аппараты, работающие кодом Морзе, не получили широкого распространения.

Второй недостаток передачи кодом Морзе состоит в том, что требуется много времени для обучения операторов передаче. Кроме того, утомительно вести ручную передачу длительное время.

Третий недостаток этого кода заключается в том, что на передачу одного знака (с учетом пробелов) в среднем требуется большое количество импульсов — около 9,5 элементарных импульсов на каждый знак. С этой точки зрения код Морзе неэкономичен.

Однако код Морзе по принципу построения относится к числу оптимальных кодов, так как в нем наиболее часто повторяющиеся комбинации знаков имеют наименьшую среднюю длину.

Именно по такому принципу и был в свое время составлен код Морзе для английского языка. Например, в английском языке чаще всего встречается буква **Е**. В коде Морзе ей присвоено наиболее короткое обозначение — точка. В русском же языке чаще всего встречается буква **О**, имеющая в принятом коде довольно длинное обозначение — три тире. Таким образом, принятый у нас код Морзе можно было бы усовершенствовать. Это дало бы сокращение средней длины комбинации примерно на 8%. Однако такая экономия едва ли оправдала бы необходимость переучивания всех телеграфистов, работающих кодом Морзе. Но и это усовершенствование не делает его более оптимальным по сравнению с равномерным кодом. Для того чтобы код Морзе стал полностью оптимальным, необходимо его сделать непрерывным, т. е. без пауз между знаками и словами, но такой код для слуховой связи становится непригодным.

К положительным свойствам кода Морзе следует отнести легкую запоминаемость, возможность записи простейшими средствами и приема на слух при сильных помехах, поступающих из канала связи. Благодаря этому код Морзе имеет широкое применение на любительских и военных радиосвязях при наличии помех, так как слуховой аппарат человека является наиболее чувствительным прибором, обладающим более высокой исправляющей способностью, чем все существующие подобные электронные приборы.

В настоящее время в связи с изобретением дешевых, малогабаритных и долговечных бесконтактных переключающих устройств отмеченные недостатки кода Морзе успешно преодолеваются как путем преобразования неравномерного кода Морзе в равномерный с последующим использованием стандартных аппаратов типа «Телетайп» (СТ-2М), так и применением автоматических электронных ключей, в которых вместо принятых вертикальных ключей применен ключ горизонтального типа. Такой ключ управляет специальной схемой, которая формирует все элементы азбуки Морзе. Описание подобных ключей и является предметом данной главы книги.

Принципы построения автоматических ключей

Применение автоматических ключей, получивших в последнее время широкое распространение как среди радиолюбителей, так и среди профессионалов, является типичным примером автоматизации утомительной ручной передачи на телеграфном ключе кодом Морзе.

Преимущества автоматизированных телеграфных ключей для слуховой радиосвязи перед обычными ключами Морзе состоят в следующем.

Во-первых, автоматизированные ключи значительно облегчают работу руки оператора при передаче текста за счет уменьшения числа манипуляций ключом. Например, буква **Ш** передается одним нажатием вместо четырех, как это имеет место на обычном ключе.

Это, а также и то, что автоматизированные ключи позволяют руке работать с опережением почти на длительность двух точек допускает возможность вести передачу со значительно большей скоростью, чем на обычных ключах.

Во-вторых, при работе с автоматизированными ключами качество передачи получается таким же, как и при применении электронных трансмиттеров. Следовательно, ввиду высокой четкости сигналов прием их значительно облегчен.

В-третьих, немаловажным фактором для служебных радиосвязей является отсутствие почерка оператора.

Опыт применения автоматических ключей показал, что оператор, умеющий принимать на слух код Морзе, может научиться передавать его за 10—15 *ч*.

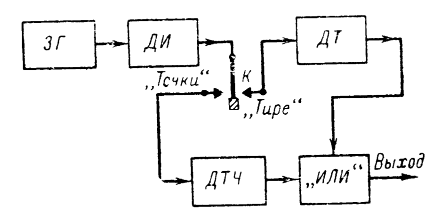


Рис. 3. Упрощенная блок-схема автоматического телеграфного ключа, формирующего все элементы азбуки Морзе.

При этом максимальная скорость передачи определяется возможной скоростью приема на слух оператором, ведущим передачу.

Применяемые в радиолюбительской практике автоматические электронные ключи разделяются на две группы. Первая группа — ключи без калибровки интервалов в знаке, между знаками и словами, вторая — ключи с калибровкой всех элементов азбуки Морзе.

В первой группе ключей калибровка интервалов не применяется только для того, чтобы уменьшить потребление энергии питания и размеры ключа.

В настоящее время при наличии полупроводниковых приборов и магнитных материалов с прямоугольной петлей гистерезиса имеет смысл конструировать ключи только второй группы, так как получаемые с их помощью сигналы имеют высокую четкость, позволяющую вести не только слуховой прием, но и буквопечатающий.

Подобные ключи можно построить или полностью на полупроводниковых приборах, или в комбинации полупроводниковых приборов с приборами на ферритовых сердечниках тороидальной формы. Первые более просты в изготовлении и налаживании. Поэтому они могут быть рекомендованы для менее подготовленных радиолюбителей.

Блок-схема ключа, калибрующего все элементы азбуки Морзе и построенного на любых переключающих элементах, будет выглядеть так, как показано на рис. 3, где *ЗГ* — непрерывно работающий генератор импульсов (любого типа) с периодом повторения, равным длительности точки, является задающим генератором, определяющим скорость манипулирования; *ДИ* — датчик интервалов, являющийся по существу делителем частоты на два, позволяющим получить две независимых последовательности импульсов, сдвинутых друг относительно друга на 180°, из которых одна может быть использована для формирования начала точек и тире, и вторая для формирования конца точек или тире; *ДТ* — датчик тире — схема, обеспечивающая после ее запуска импульсом от *ДИ*, формирование тире, т. е импульсов продолжительностью, равной

трем точкам или трем периодам импульсов задающего генератора; *ДТЧ* — датчик точек — схема, обеспечивающая при ее запуске от *ДИ* формирование точек, продолжительность которых равна одному периоду повторения задающего генератора; «*ИЛИ*» — собирательная схема, позволяющая объединять в общую последовательность импульсы, получаемые в раздельных каналах формирования точек и тире; *К* — телеграфный ключ горизонтального типа.

При рассмотрении блок-схемы можно заметить, что при переводе ключа *К* в положение «*Точки*» или «*Тире*» соответствующие им устройства запускаются через четное количество периодов задающего генератора. Эти устройства в свою очередь формируют импульсы точек или тире, длительности которых равны нечетному количеству периодов задающего генератора. Следовательно, наличие датчика интервалов автоматически обеспечивает интервалы в знаке, между знаками и словами, причем длительности этих интервалов равны нечетному количеству периодов повторения задающего генератора.

Так же очевидно, что удержание ключа *К* в одном из положений на все время формирования точек или тире не является необходимым; это обстоятельство позволяет переводить ключ из одного крайнего положения в другое или нейтральное положение сразу же после начала формирования точек или тире, т. е. можно переводить ключ со значительным опережением по отношению к поступающим управляющим импульсам *ДИ*.

Например, надо послать букву **А** (точка — тире). Переводим ключ в положение «*Точки*». Как только начнется автоматическое формирование точки, ключ может быть немедленно переведен в положение «*Тире*», т. е. с опережением на две точки, а, например, при посылке буквы **Н** (тире — точка) ключ можно перевести с опережением на четыре точки.

Если же ключ *К* оставить в одном из крайних положений, то схема будет непрерывно формировать точки или тире, и таким образом, одним нажатием ключа можно сформировать целый знак, например букву **Ш**, за одно нажатие вместо четырех, как это имеет место на обычном ключе.

Рассмотренная схема является неполной, так как в ней не предусмотрена синхронизация конца точек и тире, нет устройства, позволяющего вести контроль за своей работой. Поэтому реальные схемы ключей оказываются более сложными.

Автоматический ключ на полупроводниковых приборах

Схема автоматического ключа (рис. 4) состоит из следующих блоков: *1* — генератора синхронизирующих импульсов — мультивибратора *М* с периодом колебания $T=2\tau$, где τ — длительность точки. Поскольку мультивибратор имеет два парафазных выхода, напряжения на которых сдвинуты относительно друг друга на 180° (см. рис. 5 — оси времени *1* и *2*), то его можно использовать одновременно и в качестве датчика интервалов; для этого один из выходов мультивибратора служит для формирования начала тире или точек, а второй — для формирования конца тире или точек, благодаря чему автоматически обеспечивается разделение элементов азбуки Морзе интервалами, равными нечетному количеству точек; *2* — дифференцирующих контуров $ДК_1$ и $ДК_2$; *3* — формирователя тире — триггера $Тг_1$; *4* — электронного реле — триггера $Тг_2$, выход

которого подключается к манипуляционной цепи передатчика непосредственно или через поляризованное реле; *5* — схем совпадений «$И_1$» — «$И_4$», выполняющих логические операции при формировании точек и тире; *6* — тонального генератора *ТГ*, управляемого импульсами, получаемыми на выходе электронного реле; *7* — резистора *R* с переменным сопротивлением, с помощью которого устанавливается необходимая скорость манипулирования на ключе; *8* — ключа *К* горизонтального типа.

На рис. 4 и всех последующих $U_{к\,0}$ означает напряжение источника питания схемы. Заштрихованная часть триггера соответствует отпертому транзистору, а не заштрихованная — запертому. Переключение триггера может происходить при поступлении импульса положительной полярности на базу открытого транзистора или отрицательной полярности на базу закрытого транзистора (при применении транзисторов типа *p-n-p*). На выходе любой из схем «И» сигнал появляется только тогда, когда одновременно на всех ее входах имеются управляющие сигналы. Так, схемы «И», показанные на рис. 4, пропускают управляющий сигнал от мультивибратора тогда, когда на всех других ее входах устанавливаются положительные или почти равные нулю потенциалы.

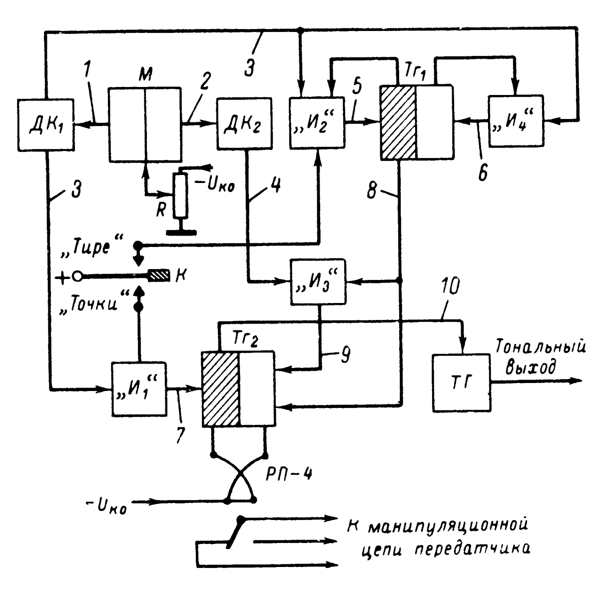


Рис. 4. Блок-схема автоматического телеграфного ключа на полупроводниковых приборах. Временные соотношения импульсов в точках, отмеченных цифрами, даны на рис. 5.

Автоматический ключ работает следующим образом. Допустим, что в какой-то момент времени ключ *К* из нейтрального положения переведен в положение «*Тире*». Положительным потенциалом,

поступающим с ключа *К*, открывается соответствующий вход схемы «$И_2$», второй вход которой открыт положительным потенциалом, поступающим с выхода триггера $Тг_1$. Как только на левом выходе мультивибратора *М* появится положительный перепад напряжения, то он, проходя через дифференцирующий контур $ДК_1$ и схему «$И_2$», переключит триггер $Тг_1$. После этого момента ключ *К* может быть переведен в нейтральное положение.

Отрицательным напряжением, появляющимся на выходе $Тг_1$, переключается электронное реле — триггер $Тг_2$ и одновременно запирается один из входов схемы «$И_3$».

Триггер $Тг_1$ возвратится в исходное состояние сигналом, поступающим со схемы «$И_4$», который возникает в момент второго положительного перепада напряжения, поступающего с левого выхода мультивибратора (см. ось времени *5*, *6* и *8* на рис. 5). Следовательно, сигнал на выходе «$И_3$» будет появляться после того, как $Тг_1$ возвратится в исходное состояние (см. ось *9* на рис. 5). В результате — триггером $Тг_2$ будет сформировано тире длительностью, равной трем точкам. Если же ключ не будет переведен в нейтральное положение, то триггер $Тг_1$ будет работать непрерывно и тогда триггер $Тг_2$ будет создавать ряд тире, отделенных друг от друга интервалом, равным одной точке (см. оси времени *8* и *10* на рис. 5).

Рис. 5. Временные соотношения импульсов в основных узлах блок-схемы на рис. 4.

1 и *2* — напряжения на парафазных выходах *М*; *3* и *4* — напряжения на выходах $ДК_1$ и $ДК_2$; *5*, *6*, *7* и *9* — напряжения на выходах схем «$И_2$», «$И_4$», «$И_1$» и «$И_3$» соответственно; *8* — напряжение на выходе *Тг*; *10* — напряжение на выходе электронного реле; *11* — напряжение на выходе *ТГ*

При переводе ключа в положение «*Точки*» откроется схема «$И_1$». От сигнала, поступающего с $ДК_1$, переключится триггер $Тг_2$, который от сигнала, приходящего со схемы «$И_3$», возвратится в исходное состояние.

Принципиальная схема автоматического ключа представлена на рис. 6. В исходном состоянии транзисторы триггера-датчика тире

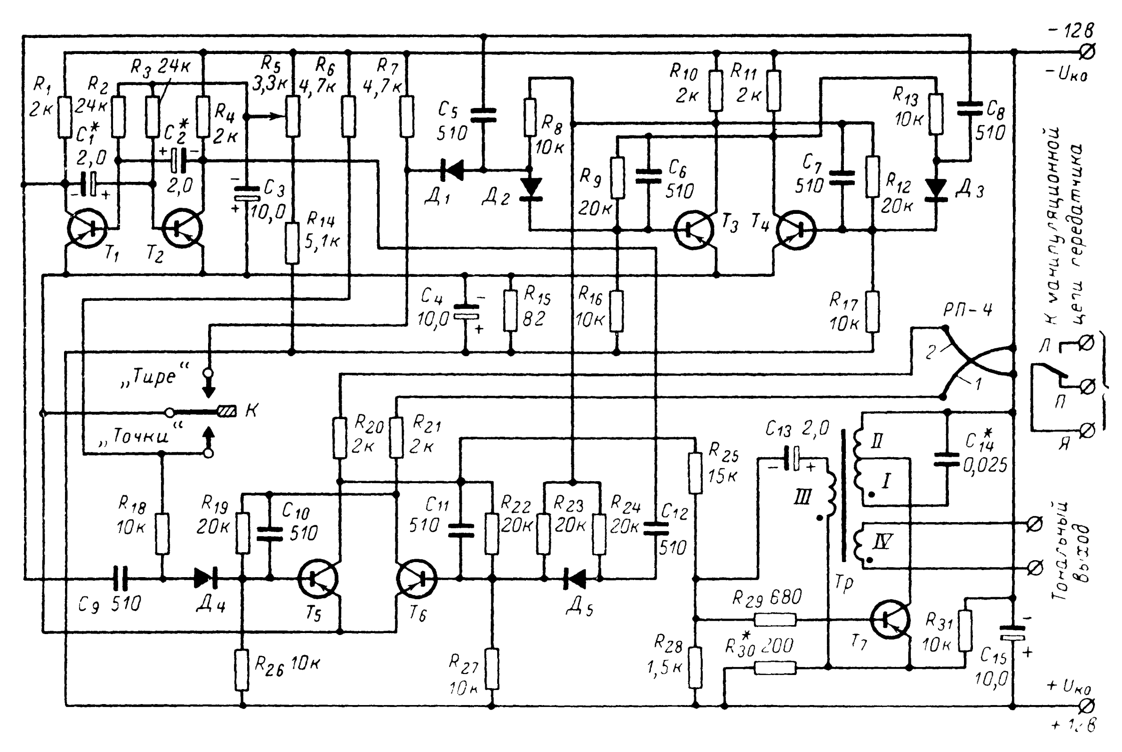


Рис 6 Принципиальная схема автоматического телеграфного ключа на полупроводниковых приборах.

находятся. T_3 — в запертом и T_4 — в отпертом состояниях, транзисторы триггера-датчика точек. T_5 — в запертом и T_6 — в отпертом состояниях. Транзистор тонального генератора T_7 находится в запертом состоянии за счет автоматического смещения, подаваемого через резисторы R_{28} и R_{29} на базу с делителя напряжения, составленного из резисторов R_{30} и R_{31}.

Частота мультивибратора (транзисторы T_1 и T_2) определяется постоянными времени цепей, состоящих из конденсаторов и резисторов C_1R_3, C_2R_2, а также напряжением, подводимым на базы транзисторов с потенциометра R_5. Потенциометр позволяет регу-

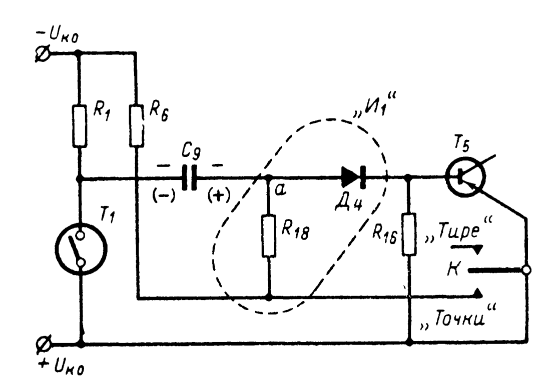


Рис. 7. К принципу работы схемы совпадений «$И_1$».

лировать изменение скорости передачи сигналов, вырабатываемых автоматическим ключом, в пределах ±15%.

Схемы совпадений состоят: «$И_1$» — из резистора R_{18} и диода $Д_4$; «$И_2$» — из диодов $Д_1$, $Д_2$ и резистора R_8; «$И_3$» — из диода $Д_5$ и резистора R_{24}; «$И_4$» — из диода $Д_3$ и резистора R_{13}.

Работу одной из схем совпадений, например «$И_1$», проследим по схеме рис. 7. Здесь транзистор T_1 мультивибратора, находящийся в запертом состоянии, изображен в виде однополюсного выключателя.

Если ключ $К$ находится в нейтральном положении, то к левой и правой обкладкам конденсатора C_9 приложено напряжение — $U_{к0}$. Конденсатор находится в незаряженном состоянии. В это время точка a находится под отрицательным напряжением, поступающим от — $U_{к0}$ через резисторы R_6 и R_{18}. Следовательно, диод $Д_4$ за счет отрицательного смещения находится в закрытом состоянии.

Допустим, что ключ $К$ переведен в положение «*Точки*». В этом случае в точке a выключается напряжение — $U_{к0}$ за счет подключения ключом $К$ резисторов R_6 и R_{18} к положительному полюсу источника питания. Немедленно, через резистор R_1 и R_{18} произойдет заряд конденсатора C_9 до напряжения источника питания. При этом левая обкладка конденсатора будет находиться под отрицательным зарядом, а правая — под положительным, так как указано на C_9 в скобках Как только отопрется транзистор T_1 (на рис. 7

замкнется контакт однополюсного выключателя), минусовая обкладка конденсатора C_9 подсоединится к общей точке схемы. К диоду $Д_4$, а следовательно, и к базе транзистора T_5 будет приложен положительный потенциал, от которого T_5 запрется, и триггер $Tг_2$ переключится в другое устойчивое состояние. Аналогичным образом работают и все другие схемы «И».

Тональный генератор (транзистор T_7) представляет собой обычную схему автогенератора с индуктивной обратной связью. Необходимая частота колебаний устанавливается подбором емкости конденсатора C_{14}.

В нормальном состоянии тональный генератор не работает. При закрывании транзистора T_5 на базу T_7 подается отрицательное напряжение, которое открывает транзистор T_7, что и приводит к возникновению генерации.

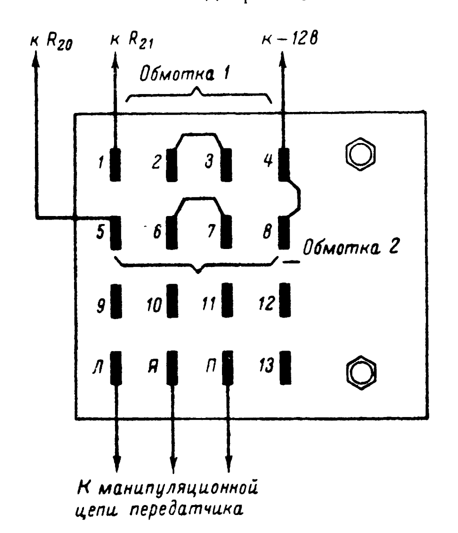


Рис. 8. Схема включения обмоток реле РП-4 (вид на цоколь реле снизу)

Транзисторы для данной схемы желательно применять типа П16Б с начальным током коллектора при соединении накоротко базы с эмиттером ($U_{к0}$= =12 *в*) не больше 40—60 *мка*.

Данные обмоток трансформатора *Тр* следующие: обмотка I—200 витков, обмотка II — 500 витков, обмотка III — 30 витков и обмотка IV — 55 витков. Трансформатор на оксиферовом сердечнике тороидальной формы с размерами наружный диаметр $d_н = 17$ *мм*, внутренний диаметр $d_{вн} = 8$ *м* и высота $h = 5$ *мм;* $\mu = 1\,000$. В качестве *Тр* также можно использовать любой низкочастотный трансформатор с соотношением витков, подобным данному.

Тональный генератор можно построить и без применения специальных катушек индуктивности. Роль последних могут выполнять обмотки электромагнитов слуховых телефонов. Схема такого генератора показана на рис. 16 (см. транзистор T_3).

Диоды — точечные, германиевые любого типа

В качестве реле, управляющего манипуляционной цепью передатчика, применено поляризованное реле типа РП-4. Цоколевка реле и схема соединений его обмоток показаны на рис. 8. Обмотки *1*, *2* имеют сопротивление по 280 *ом* и по 2 500 витков (две последовательно соединенные обмотки по 1 250 витков).

Конструкция и размеры ключа могут быть самыми разнообразными. Это зависит от имеющихся в наличии деталей, а также от того, выполняется ли он в виде отдельного законченного прибора — приставки к манипуляционному устройству передатчика или монти-

руется непосредственно в передатчике Одна из возможных конструкций, представляющая собой отдельную приставку, изображена на рис. 9. На верхней гетинаксовой панели располагаются зажимы и горизонтальный ключ. На передней панели с правой стороны укрепляется потенциометр R_5 с выключателем питания, а с левой стороны прорезается окно для установки реле РП-4 с таким расчетом, чтобы его можно было снимать для регулировки. Между донной частью и верхней панелью располагается гетинаксовая плата с соответствующим вырезом для реле РП-4 и потенциометра, на которой крепятся транзисторы и другие детали.

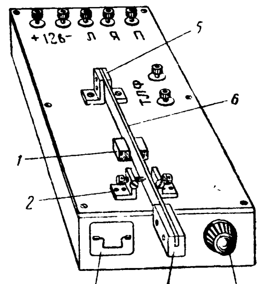


Рис. 9. Внешний вид автоматического телеграфного ключа кода Морзе на полупроводниковых приборах.

1 — резиновый амортизатор; 2 — угольники с регулировочными винтами; 3 — ручка ключа; 4 — реле типа РП-4; 5 — крепежные угольники ножа ключа; 6 — нож ключа; 7 — регулятор скорости телеграфирования.

Нож ключа 6 можно изготовить из старого ножовочного полотна. В качестве крепежных угольников 5 ножа и угольников с регулировочными винтами 2 можно использовать соответствующие угольники от старых поляризованных реле типа РП-4, ТРМ и др.

Особых требований к расположению деталей ключа и монтажу схемы не предъявляется.

Детали, помеченные на рис. 6 звездочками, подбираются при регулировке.

Налаживание ключа

После того как будут проверены правильность монтажа схемы и исправность деталей, можно приступить к налаживанию ключа.

Налаживание необходимо начинать с мультивибратора, для чего следует установить потенциометр R_5 в крайнее нижнее положение. Если теперь конденсаторы C_1 и C_2 отсоединить, то оба транзистора должны находиться в открытом состоянии. Последнее проверяется вольтметром[1] путем измерения падения напряжения между базой и коллектором каждого транзистора. Падение напряжения на открытом транзисторе мультивибратора должно составлять не более 0,3—0,4 *в*. Если же это условие не выполняется, необходимо заменить соответствующий транзистор другим с большим коэффициентом усиления $B_{\text{ст}}$ или уменьшить величины сопротивлений резисторов R_2 и R_3. Затем подсоединяются конденсаторы C_1 и C_2 и подключают к одному из коллекторов транзисторов мультивибратора осциллограф, например типа ЭНО-1 (низкочастотный осциллограф), и определяют по калибровочным меткам длительность каждого полупериода генерируемых импульсов. В случае их асимметрии необходимо изменить емкость конденсатора C_1 или C_2. Асимметрия в полупериодах колебаний мультивибратора приводит к нарушению кратности между элементами азбуки Морзе. Весьма просто асимметрию можно обнаружить с помощью вольтметра, включенного между базой и коллектором одного из транзисторов мультивибратора При

[1] Внутреннее сопротивление вольтметра должно быть не менее 5 000 *ом/в*

работе последнего стрелка вольтметра должна колебаться около показания, соответствующего напряжению $U_{К}'/2$. Величина $U_{К}$ измеряется этим же вольтметром при закороченной базе с эмиттером транзистора, на котором измеряется напряжение $U_{К}$.

В случае отсутствия осциллографа типа ЭНО-1 измерение частоты мультивибратора можно произвести осциллографом типа С1-13 или ему подобным совместно со звуковым генератором, например типа ЗГ-10. Замер частоты и соответственно периода колебаний мультивибратора производится по фигуре Лиссажу, для чего на вертикальный вход осциллографа подают колебания с мультивибратора, а на горизонтальный — с генератора. Изменением частоты звукового генератора добиваются получения на экране осциллографа фигуры с прямоугольными боковыми сторонами. В этом случае период колебания мультивибратора соответствует периоду колебания генератора. Вращением ручки потенциометра R_5 определяют пределы изменений частоты мультивибратора и, следовательно, максимально возможную скорость телеграфирования.

Если задана скорость телеграфирования, то необходимую частоту мультивибратора можно определить из следующего приближенного уравнения:

$$F_1 \approx \frac{1}{T} = \frac{1}{2\tau} \approx \frac{9{,}5N}{2\cdot 60} = 0{,}08\,N,$$

где T — период мультивибратора;

τ — длительность одной элементарной посылки (точки);

N — число передаваемых знаков в минуту.

Коэффициент 9,5 есть среднее количество элементарных импульсов в одном знаке.

Максимальная частота мультивибратора (движок потенциометра в верхнем положении) определяется приближенным уравнением

$$F_2 = \frac{1}{T} \approx \frac{1}{1{,}3\,R_{2,3}\,C_{1,2}}.$$

Затем подсоединяют транзисторы T_3, T_4, T_5, T_6 и переходят к налаживанию триггеров. Сначала определяют надежность устойчивых состояний каждого триггера в статическом состоянии. Для этого к одному из транзисторов подсоединяют вольтметр между коллектором и эмиттером и измеряют напряжение. Если транзистор находится в запертом состоянии, то вольтметр покажет напряжение, близкое к напряжению источника питания (за минусом падения напряжения на резисторе R_{15} порядка 1,5 *в* — напряжение автоматического смещения). В этом случае другой транзистор будет находиться в отпертом состоянии и напряжение между его коллектором и эмиттером должно составлять не более 0,2—0,25 *в*. При невыполнении этих условий данный транзистор необходимо заменить другим с большим коэффициентом усиления $B_{ст}$.

Затем путем кратковременного закорачивания коллектора с эмиттером закрытого транзистора или базы с эмиттером открытого транзистора переводим вручную триггер в другое устойчивое состояние. Если триггер не будет переходить в другое состояние, это значит, что транзистор, находящийся в закрытом состоянии, имеет недостаточное усиление и его следует заменить другим. Однако пе-

ред этим необходимо проверить напряжение автоматического смещения (падение напряжения на резисторе R_{15}). Оно при напряжении $U_{к0}=12$ *в* должно быть равным 1,3—1,6 *в*.

После установки соответствующих элементов схем «И» и разделительных конденсаторов проверяют работу триггера в динамическом режиме. Например, триггер $Тг_1$ можно проверить следующим образом. Переводят ключ *К* в положение «*Тире*». В этом случае триггер будет срабатывать от каждого положительного перепада напряжения, возникающего на коллекторе транзистора T_1. Если к коллектору транзистора T_3 или T_4 подключить осциллограф, то будут видны прямоугольные колебания с частотой в 2 раза меньшей частоты, наблюдаемой на выходе мультивибратора (см. на рис. 5 ось *8*). При отсутствии колебаний необходимо проверить соответствующую схему запуска триггера. Например, после проверки схемы с помощью вольтметра обнаружено, что в отпертом состоянии находится транзистор T_4. Это значит, что на его базу не поступает положительный импульс запуска или недостаточна его амплитуда для переключения триггера.

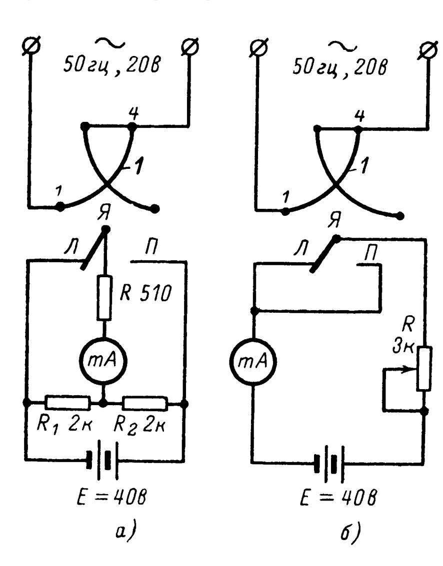


Рис. 10. Реле РП-4.

а — схема включения для регулировки нейтральности; *б* — схема включения для измерения отдачи.

Амплитуду запускающего импульса можно увеличить за счет увеличения емкости C_8, а также можно увеличить чувствительность триггера за счет увеличения емкости ускоряющих конденсаторов C_6 и C_7.

При установке в схему деталей с номиналами, указанными на схеме и в описании, а также удовлетворяющих техническим условиям на эти детали, практически настройку рассмотренных схем производить не потребуется.

Настройка тонального генератора сводится к получению устойчивого возбуждения во время подачи на генератор импульсов напряжения. Последнее достигается соответствующим подбором сопротивления резистора R_{30}. Если при переводе ключа *К* из нейтрального положения колебания не возникают, необходимо уменьшить сопротивления резистора R_{30}. Если же при переводе ключа *К* в нейтральное положение колебания не срываются, то сопротивление резистора R_{30} следует увеличить.

После настройки электронной схемы производится нейтральная регулировка реле РП-4 и затем проверяется коэффициент отдачи реле.

Первое означает, что якорь реле должен перебрасываться от правого контакта к левому и, наоборот, при одинаковой величине тока, протекающего по той или другой обмотке реле. Нейтральная регулировка достигается симметричным расположением контактов по отношению к нейтральной линии якоря реле. При отсутствии тока в обмотках у нейтрально отрегулированного реле якорь остается у того контакта, к которому он переброшен рукой.

Для регулировки нейтральности реле РП-4 последнее включается согласно схеме, приведенной на рис. 10, *а*, в которой при замыкании якоря испытываемого реле с контактом *Л* ток протекает по левому плечу схемы, а при замыкании с контактом *П* — по правому. При нейтральной регулировке реле и пропускании через его обмотку переменного тока с частотой 50 *гц* якорь будет находиться одинаковое время в замкнутом положении с обоими контактами. В этом случае через миллиамперметр *mA* последовательно проходят импульсы тока разных направлений, но одинаковых величин и длительностей. Так как подвижная система миллиамперметра (стрелка и рамка) обладает некоторой инерцией, то эти импульсы не оказывают воздействия на прибор и стрелка будет совершать малозаметные колебания около нуля.

Если испытываемое реле отрегулировано с преобладанием, то длительность импульса одной полярности увеличится, а другой, наоборот, уменьшится, вследствие чего стрелка миллиамперметра отклонится в ту или другую сторону от нуля на угол, пропорциональный величине расстройки реле. В этом случае регулировкой реле, т. е. путем смещения его контактов, добиваются того, чтобы стрелка миллиамперметра находилась на нуле.

Коэффициентом отдачи реле η называют величину отношения времени надежного замыкания якоря реле $t_{н.з}$ к времени переданного импульса t_0.

Это отношение выражается в процентах

$$\eta = \frac{t_{н.з}}{t_0} = \frac{t_0 - t_{пот}}{t_0} 100\%,$$

где $t_{пот}$ — время потерь, т. е. время пролета якоря реле от одного контакта к другому.

Иначе говоря, чем больше время пролета якоря, которое пропорционально расстоянию между контактами, тем меньше коэффициент отдачи реле.

Величину коэффициента отдачи можно определить по схеме на рис. 10, *б*. Из схемы видно, что при замыкании якоря испытываемого реле с любым из его контактов через миллиамперметр протекает ток, а в моменты перехода якоря от одного контакта к другому цепь миллиамперметра размыкается. С помощью переменного сопротивления *R* устанавливается такая величина тока, при которой стрелка миллиамперметра при замкнутых контактах отклонялась бы на 100 делений, что будет соответствовать 100-процентной отдаче. При пропускании импульсов тока через обмотку реле совершенно очевидно, что стрелка миллиамперметра будет отклоняться на угол, меньший, чем при постоянно замкнутых контактах. Величина этого угла пропорциональна времени замыкания контактов. Если, как указывалось выше, при постоянно замкнутых контактах реле стрелка миллиамперметра отклоняется на 100 делений, то при работе реле отклонение стрелки миллиамперметра будет соответствовать коэффициенту отдачи реле, выраженному в процентах.

Если шкала миллиамперметра имеет не 100 делений, коэффициент отдачи определяется по формуле

$$\eta = \frac{I_1}{I_2} 100\%,$$

где I_1 — показание миллиамперметра при работе реле;
I_2 — показание миллиамперметра при постоянно замкнутых контактах реле.

Обычно регулировку реле на нейтральность и определение коэффициента отдачи реле производят на частоте 50 *гц*. Для реле РП-4 коэффициент отдачи должен составлять не менее 95%. Если это условие не выполняется, то необходимо уменьшить зазор у контактов и снова произвести регулировку реле.

После того, как реле отрегулировано, устанавливают его в схему ключа и производят окончательную проверку работы контактов реле. Переводя ключ в положение *«Точки»*, наблюдаем за работой контактов по схеме, изображенной на рис. 10, *а*.

Ток, потребляемый ключом при $U_{\text{к0}} = 12$ *в*, составляет около 20 *ма*. Допустимые колебания напряжения источника питания порядка 25%. Ключ устойчиво работает при окружающей температуре от —10 до 50° С.

Автоматический ключ на полупроводниковых приборах и ферритовых сердечниках

Описываемый ниже автоматический ключ отличается от предыдущего тем, что в нем, вместо потенциальных схем, применены в основном импульсные, которые потребляют электроэнергию только в момент своего переключения. Благодаря этому, а также за счет широкого применения в схеме ключа ферритовых сердечников с прямоугольной петлей гистерезиса, стало возможным сконструировать автоматический ключ с малым потреблением энергии от источника питания (менее 50 *мвт*) и размерами, соизмеримыми с размерами обычных вертикальных телеграфных ключей.

Упрощенная блок-схема ключа изображена на рис. 11. Источником синхронизирующих или тактовых импульсов в схеме является генератор импульсов *ГИ*, обеспечивающий синхронную работу других устройств. Частота повторения импульсов *ГИ* определяется необходимой скоростью телеграфирования. Период следования импульсов *ГИ* равен длительности точки τ.

Датчик интервалов *ДИ* — делитель частоты тактовых импульсов на два — предназначен для получения интервалов между элементами азбуки Морзе, равных нечетному количеству точек. Импульсы, получаемые на выходе *3*, определяют начало точки или тире, посылаемых с ключа, а импульсы, получаемые на выходе *2*, — конец точки или тире.

Датчик тире *ДТ* — делитель частоты тактовых импульсов на три — служит для получения запрещающих импульсов, которые, воздействуя на устройство *«ЗАПРЕТ»*, предотвращают прохождение импульсов с датчика интервалов в электронное реле во время формирования тире.

Электронное реле *ЭР* — триггер — служит для преобразования коротких импульсов, поступающих на его вход и определяющих начало и конец точки или тире, в двухполярные импульсы постоянного

тока длительностью τ или 3τ (точки и тире имеют одну полярность, а интервалы — другую). Импульсы, определяющие начало точки или тире, поступают в триггер через схему *«ИЛИ»*, а импульсы, определяющие конец точке или тире, — через устройство *«ЗАПРЕТ»*.

Тональный генератор *ТГ* служит для модуляции импульсов постоянного тока тональной частотой.

Взаимодействие перечисленных узлов схемы происходит следующим образом.

Допустим, что в какой-то момент времени ключ *К* из нейтрального положения переведен в положение *«Тире»*. В момент поступления с ножа ключа импульса напряжения запускается датчик тире и одновременно через схему *«ИЛИ»* переключается электронное реле, которое посылает начало тире.

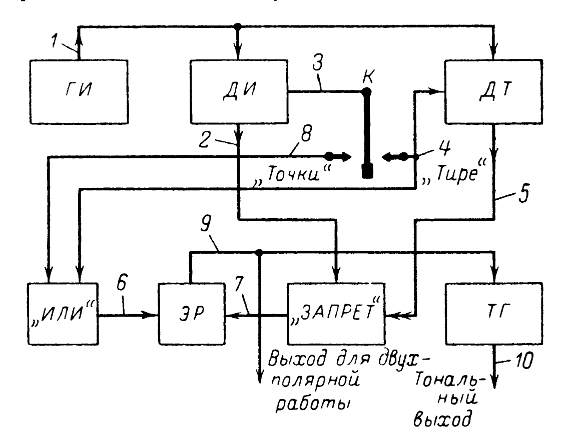


Рис. 11. Блок-схема автоматического телеграфного ключа на полупроводниковых приборах и ферритовых сердечниках. Для точек схемы, отмеченных цифрами, на рис. 12 даны временные соотношения импульсов.

Когда работает датчик тире, то он в момент поступления от генератора синхронизирующих импульсов *ГИ* второго тактового импульса посылает в устройство *«ЗАПРЕТ»* запрещающий импульс. Этот импульс запрещает прохождение импульса от датчика интервалов в электронное реле — триггер и тем самым обеспечивает прохождение тире. Следующий же импульс с датчика интервалов проходит свободно через устройство *«ЗАПРЕТ»* на вход электронного реле и переключает его в исходное состояние. К этому же времени заканчивается цикл работы датчика тире.

Если же ключ оставить в положении *«Тире»*, то датчик тире будет работать непрерывно и электронным реле будут непрерывно формироваться тире, отделенные друг от друга интервалами, равными одной точке.

Аналогичным образом происходит формирование точек при переводе ключа в положение *«Точки»*. Временные соотношения импульсов в основных узлах блок-схемы показаны на рис. 12

Прежде чем рассмотреть принципиальные схемы ключа, рассмотрим работу двоичного магнитного элемента — прибора, обладающего двумя устойчивыми состояниями, основой которого является ферритовый сердечник с обмотками (рис. 13). На рисунке для простоты начертания схем обмотки сердечников изображены одним полувитком, а начала обмоток обозначены точкой.

Предположим, что за счет пропускания импульса тока I_1 через обмотку I сердечника создается поле величиной H_m, от которого сердечник намагнитится до насыщения в одном из направлений, скажем, до B_m, как показано на рис. 13, *в*, где с осью B совмещена

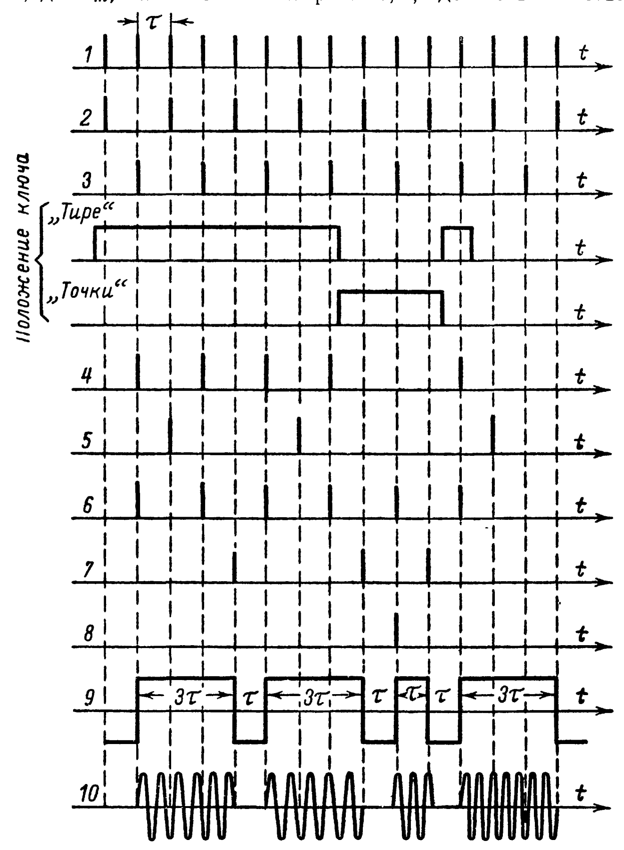


Рис. 12. Временные соотношения импульсов в основных узлах схемы на рис. 11.

1 — напряжение на выходе *ГИ*; *2* и *3* — напряжения на выходах *ДИ*; *4* — напряжение на правом контакте ключа *К*; *5* — напряжение на выходе *ДТ*; *6* и *7* — напряжения на входах *ЭР*; *8* — напряжение на левом контакте ключа *К*; *9* — напряжение на выходе *ЭР*; *10* — напряжение на выходе *ТГ*

ось времени с соответствующими импульсами, поступающими в обмотки, и импульсами, получаемыми на выходе. Если намагничивающий ток выключить, то намагничивание сердечника изменится незначительно — до величины, соответствующей остаточной магнитной индукции B_r. Обозначим это состояние намагниченности «1» двоичного исчисления.

Если же теперь пропустить ток I_3 через обмотку III, то сердечник намагнитится в противоположном направлении до величи-

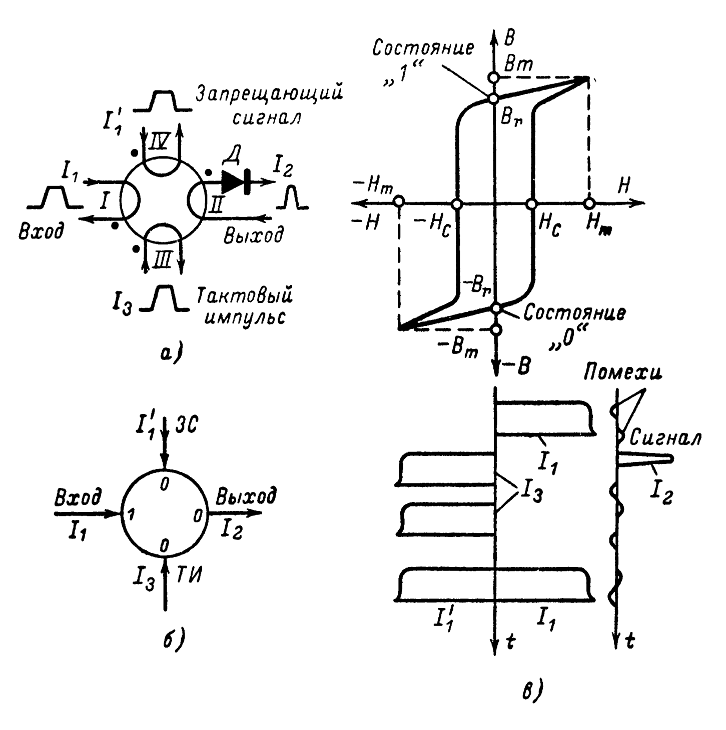


Рис. 13. Двоичный магнитный элемент с сердечником, имеющим прямоугольную форму петли гистерезиса.

а — схема включения обмоток; *б* — условное обозначение; *в* — форма петли гистерезиса и импульсов на обмотках сердечника

ны — B_m. При выключении тока намагничивание сердечника изменится весьма мало и будет соответствовать значению — B_r. Обозначим это состояние «0» двоичного исчисления.

Таким образом магнитный элемент подобно спусковой схеме (триггеру) переключается из одного устойчивого состояния в другое, в котором он остается и после прекращения действия переключающего импульса.

При изменении магнитной индукции от B_m до B_r (или от $—B_r$ до $—B_m$) в обмотках сердечника индуктируется небольшое напря-

жение, называемое напряжением помехи. При изменении магнитной индукции от $-B_r$ до B_m (или от B_r до $-B_m$) в обмотках сердечника индуктируется напряжение полезного сигнала. Следовательно, перемагничивая сердечник входным сигналом в одно состояние (обычно в состояние «1») и затем «проверяя» это состояние путем перемагничивания сердечника в другое состояние («0»), мы можем по величине и направлению изменения магнитной индукции или по индуктируемым напряжениям в выходной обмотке отличать положение намагниченности сердечника.

Схемы на ферритовых сердечниках, как правило, строятся так, что состояние намагниченности их непрерывно проверяется специальными импульсами, которые называются тактовыми. В схеме ключа эти же импульсы служат для синхронизации всех элементов ключа.

Обычно при перемагничивании сердечника в состояние «1» употребляется термин запись «1», или запись информации, а при перемагничивании сердечника тактовыми импульсами — считывание «1», или считывание информации.

Диод *Д* (рис. 13, *а*) служит для того, чтобы сигнал на выход схемы проходил только при считывании «1».

В тех случаях, когда требуется запретить прохождение сигнала I_1 на выход схемы, необходимо одновременно с входным сигналом подать на специальный вход (обмотка *IV*) запрещающий сигнал I'_1. Магнитный поток от запрещающего сигнала компенсирует магнитный поток, создаваемый входным сигналом, и сердечник по-прежнему останется в состоянии «0».

Упрощенное обозначение магнитного элемента на функциональных схемах приведено на рис. 13, *б*. Стрелка, направленная внутрь сердечника, соответствует входу или входной цепи управления, а двойная стрелка — запрещающему входу. Стрелка, выходящая из сердечника, соответствует выходу.

Цифры, указанные внутри круга и относящиеся к входным цепям, соответствуют положению, в которое перемагничивается сердечник тем или другим входным сигналом. Цифры, относящиеся к выходным цепям, показывают, в какое положение необходимо перемагнитить сердечник, чтобы получить на выходе управляющий сигнал. Например, если в сердечник током I_1 записана «1», то при поступлении тактового импульса I_3 сердечник перемагнитится в состояние «0»; на выходе появится импульс, способный управлять последующими схемами.

Из рассмотренного следует, что в сердечниках запись и считывание информации должны происходить в различные моменты времени, а операция «ЗАПРЕТ» — в то же самое время, что и запись.

В тех случаях, когда необходимо преобразовать импульсы тока в импульсы напряжения, получаемые от источника тактовых импульсов, применяют так называемые датчики «1». В них в качестве сердечника применяют магнитные материалы с непрямоугольной петлей гистерезиса, например оксиферы. Датчик «1» на схемах обычно обозначается кружочком с «1» в центре.

Имея основные представления о свойствах ферритовых сердечников, рассмотрим работу делителей частоты, например датчика интервалов (делителя на два), схема которого приведена на рис. 14, *а*.

Работает *ДИ* следующим образом. Импульсы напряжения, возникающие в выходной обмотке *II* датчика «1» (рис. 14, *б*), проходя

через диод $Д_1$, заряжают конденсатор C Цепь разряда конденсатора в момент прохождения тактового импульса разорвана транзистором *КТ*, выполняющим роль ключа, который на схеме показан условно в виде однополюсного выключателя. Следовательно, считанное напряжение «1», с датчика «1» временно хранится в конденсаторе цепи задержки $КЗ_1$. Как только окончится тактовый импульс, на транзистор *КТ* подается отпирающий импульс *ОИ*, который отпирает его и тем самым замыкает цепь разряда конденсатора *С*. Проис-

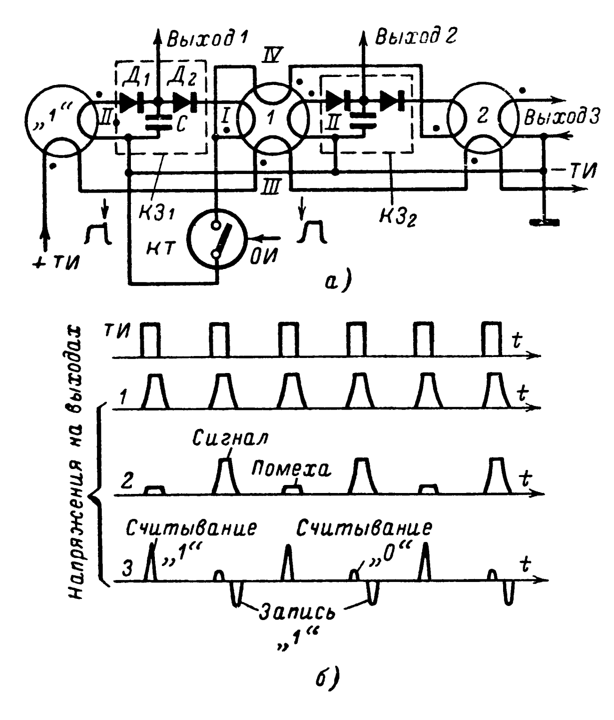


Рис. 14. Датчик интервалов *ДИ*

а — принципиальная схема; *б* — форма выходных импульсов.

ходит считывание информации с конденсатора *С* (разряд конденсатора) и запись «1» в сердечник *1*.

Диод $Д_1$ служит для того, чтобы заряд конденсатора происходил только при считывании «1», а $Д_2$ — чтобы при заряде конденсатора не происходило его разряда на другие конденсаторы, т. е. он является разделительным диодом.

При поступлении следующего тактового импульса происходит перезапись информации с сердечника *1* в следующую цепь задержки, а с датчика «1» — в первую цепь задержки. При открывании транзистора *КТ* происходит считывание информации с $КЗ_1$ на первую обмотку сердечника *1* и с $КЗ_2$ на обмотку *I* сердечника *2*, последо-

вательно с которой включена запрещающая обмотка *IV* сердечника *1*. В сердечнике *1* магнитные потоки, создаваемые токами, протекаемыми по обмоткам *I* и *IV*, взаимно компенсируются и, следовательно, перемагничивания сердечника *1* не происходит. В следующий такт перемагнитится сердечник *2*, после которого снова запишется «1» в сердечник *1*, и т. д.

Таким образом, на выходах *2* и *3* получим импульсы, распределенные во времени и пространстве с частотой в 2 раза меньшей, чем на выходе *1* (рис. 14, *б*).

Функциональная схема автоматического ключа приведена на рис. 15, а временные соотношения импульсов, получаемые в основных узлах схемы, показаны на рис. 12.

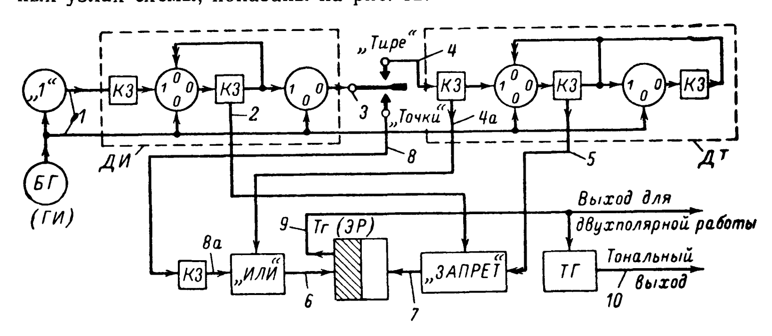


Рис. 15. Функциональная схема автоматического телеграфного ключа на полупроводниковых приборах и ферритовых сердечниках. Временные соотношения импульсов в точках, отмеченных цифрами, даны на рис. 12.

Принципиальная схема ключа изображена на рис. 16, где T_1 и T_2 — транзисторы триггера; T_3 — транзистор тонального генератора; T_4 — транзистор блокинг-генератора; T_5 — транзистор, выполняющий роль ключа; $Д_1$, $Д_2$ — диоды схемы «ИЛИ» и $Д_3$, $Д_4$ — диоды, относящиеся к устройству «ЗАПРЕТ».

Устройства «ЗАПРЕТ» как такового нет. Его роль выполняет триггер совместно с диодами $Д_3$ и $Д_4$ следующим образом. Импульсы, поступающие с датчика интервалов (с конденсатора C_{12}) и определяющие конец точки или тире, проходя через диод $Д_4$, переключают триггер в одно устойчивое состояние. Если же в момент отсутствия этих импульсов переключим триггер в другое состояние, а затем будем подавать одновременно запрещающие импульсы через диод $Д_3$ и пусковые импульсы через диод $Д_4$, то триггер будет оставаться в прежнем состоянии, так как амплитуда импульсов, поступающих на базу T_1, по отношению к импульсам, поступающим на базу T_2, имеет несколько большую величину. Достигается это за счет того, что емкость конденсатора C_3 выбирается несколько большей емкости конденсатора C_4.

Тональный генератор собран по обычной схеме *LC*-генератора с емкостным делителем (конденсаторы C_6, C_7). Роль катушки индуктивности выполняют электромагниты слуховых телефонов. Транзистор генератора T_3 в исходном состоянии заперт автоматическим

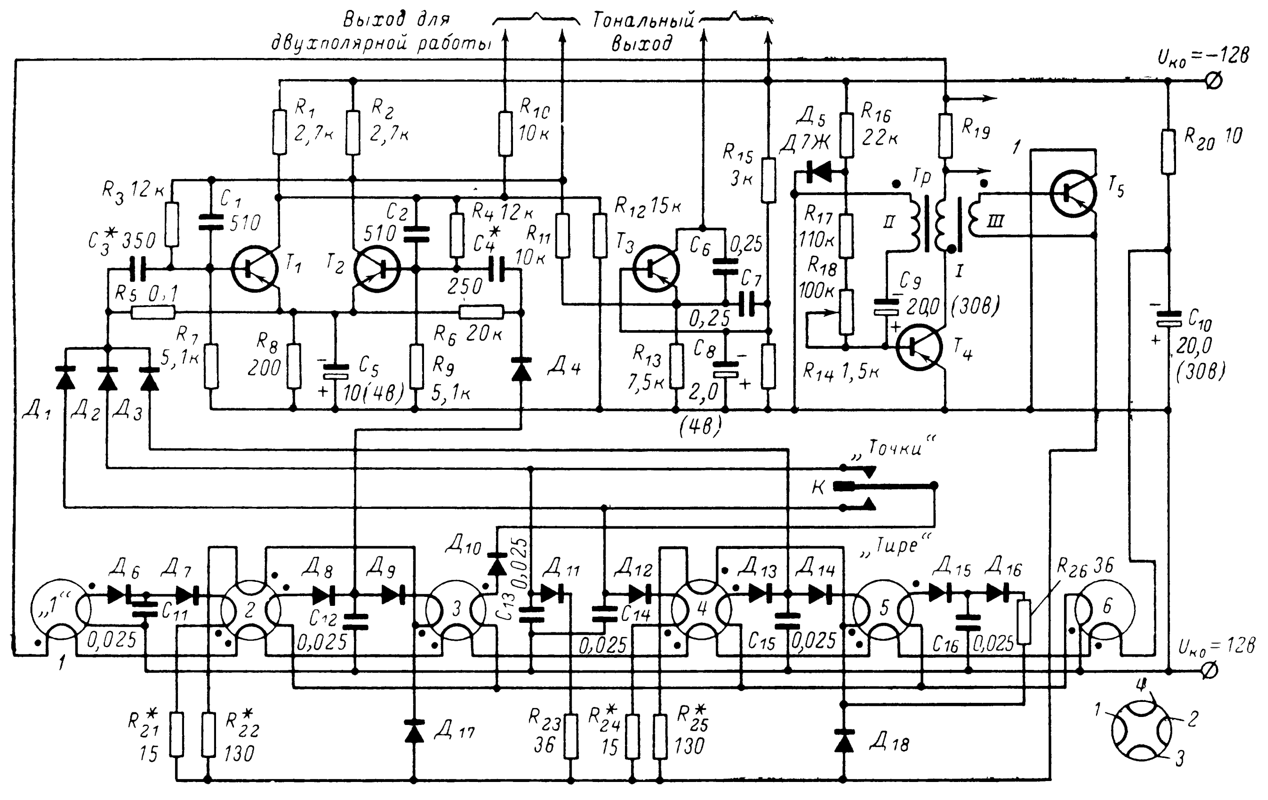


Рис. 16. Принципиальная схема автоматического телеграфного ключа на полупроводниковых приборах и ферритовых сердечниках.

смещением, создаваемым на делителе напряжения R_{11} и R_{13}, и отпирается при переходе транзистора триггера T_2 в отпертое состояние. Частота генерируемых колебаний определяется собственной частотой колебательного контура, составленного из индуктивностей электромагнитов слуховых телефонов, и емкостью последовательно соединенных конденсаторов C_6 и C_7.

Схема блокинг-генератора — обычная. Частота его колебаний, а следовательно, и скорость телеграфирования могут быть изменены резисторами R_{17} и R_{18} или изменением емкости C_9.

Диод $Д_5$ служит для автоматической температурной стабилизации частоты, которая осуществляется за счет автоматического изменения напряжения источника питания, подаваемого на базу транзистора при изменении окружающей температуры.

Управление транзистором T_5 осуществляется обратным импульсом напряжения, возникающим по окончании блокинг-процесса в обмотке *III* трансформатора *Тр*.

Сердечник *6* служит для компенсации помех, возникающих в выходных обмотках сердечников *2—5* при считывании «0».

Данные обмоток сердечников и трансформаторов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Моточные данные трансформаторов

Обозначение	Материал	Число витков в обмотке				Провод
		1	2	3	4	
Тр	Оксифер: μ=2 000; $d_н$=7 *мм*; $d_{вн}$=4 *мм*; h=2 *мм*	40	80	80	—	ПЭВ 0,12
Датчик «1»	То же	—	130	5	—	ПЭВ 0,12
1, 2, 4	Феррит Л-2 (или К-65) $d_н$=3 *мм*; $d_{вн}$=2 *мм*; h=1,25 *мм*	25	45	8	35	ПЭВ 0,1
3, 5	То же	30	45	8	—	ПЭВ 0,12
6	То же	45	—	8	—	ПЭВ 0,12

Диоды $Д_1$—$Д_4$ и $Д_6$—$Д_{18}$ — точечные германиевые любого типа, например типа Д9. Транзисторы типа П16 или П16А.

Монтаж схемы рекомендуется делать на трех отдельных гетинаксовых или текстолитовых платах размером 75×110 *мм* и толщиной 2—2,5 *мм*, на одной из которых размещаются триггер и тональный генератор, на второй — сердечники с цепями задержки и блокинг-генератор с транзистором, работающим в режиме ключа, и на третьей — зажимы источника питания, выходные зажимы и горизонтальный ключ. Последний можно изготовить так же, как и для первой конструкции (см. рис. 9).

Для крепления деталей, монтажных проводов и выводов от трансформатора на плате в соответствующих местах в зависимости от размеров применяемых деталей высверливаются отверстия, в ко-

торые затем забиваются штифты из медного провода диаметром 0,8—1 *мм* и длиной 6—8 *мм*.

Для намотки сердечника надо взять швейную иглу диаметром порядка 0,5—0,6 *мм* и в ушко вставить сразу столько проводов, каждый длиной 30—40 *см*, сколько будет обмоток на сердечнике. Далее с помощью иглы производят намотку. Как только число витков будет соответствовать числу витков обмотки, имеющей наименьшее количество витков, один провод отрезается и продолжается намотка. У следующей обмотки провод отрезается на 3—4 *см* длиннее, чем у первой, и т. д. По длине концов обмоток различаем соответствующие обмотки (рис. 17). На намотку сердечника в среднем требуется не более 5—10 *мин*.

Рис. 17. Внешний вид ферритового сердечника.

а — без обмоток; *б* — с обмотками.

Налаживание автоматического ключа на полупроводниковых приборах и ферритовых сердечниках

После того как проверены правильность монтажа и исправность деталей, проверяют работу триггера. Для этого по очереди замыкают накоротко эмиттер с коллектором одного транзистора, а затем другого (в этих случаях триггер должен каждый раз переходить из одного устойчивого состояния в другое) и измеряют падение напряжения на отпертом транзисторе, которое должно быть не более 0,25 *в*, а на запертом — около 11 *в*.

Далее проверяют работу тонального генератора, для чего по очереди переводят триггер из одного устойчивого состояния в другое и изменением сопротивления резистора R_{11} добиваются устойчивого возбуждения и срыва генерации.

Для проверки работы блокинг-генератора необходимо предварительно закоротить начало третьей обмотки датчика «*1*» с концом обмотки *III* сердечника *6*. Затем изменением сопротивления резистора R_{17} устанавливают максимально необходимую частоту блокинг-генератора при сопротивлении резистора R_{18}, равном нулю. Подключая импульсный осциллограф, например С1-13, к измерительному шунту, измеряют амплитуду и длительность генерируемых импульсов тока, амплитуда которых должна быть не менее 0,25 *а* (при меньшей амплитуде транзистор T_4 желательно заменить), а длительность импульса — около 8—15 *мксек*.

Затем проверяют работу каждого магнитного элемента, для чего, коммутируя диоды, относящиеся к тому или другому сердечнику, образуют схему, приведенную на рис. 18, *а*, т. е. замыкают схему того или другого сердечника в «кольцо».

Подключая импульсный осциллограф к измерительному шунту R_{19} или одной из обмоток сердечника, замкнутого в «кольцо», наблюдают на шунте импульс блокинг-генератора, а на обмотке сердечника — напряжение помех (рис. 18, *б*). После этого в замкнутую в «кольцо» схему сердечника записывают «1» с помощью батареи, которую подключают на короткое время к одной из обмоток. На экране осциллографа должно быть видно циркулирование «1» в кольце, т. е. импульс напряжения, амплитуда которого должна в

5—10 раз превышать напряжение помехи (рис. 18, *в*), а на шунте блокинг-генератора — искажение тактового импульса за счет противо-э. д. с., возникающей в тактовой обмотке тора. Если же замкнуть накоротко любую из обмоток, то циркуляция «1» прекратится.

Отсутствие записи «1» может иметь место из-за неправильного включения обмоток сердечников, или из-за неправильного включения диодов, или из-за неисправности транзистора, выполняющего роль ключа. После устранения указанных дефектов переходят к настройке магнитных элементов. Настройка последних заключается в подборе сопротивлений R_{21} — R_{25}. Для этого подключают осциллограф к конденсатору C_{12} и настраивают частоту развертки осциллографа так, чтобы на экране было видно не менее двух импульсов полезного сигнала, между которыми был бы виден один импульс

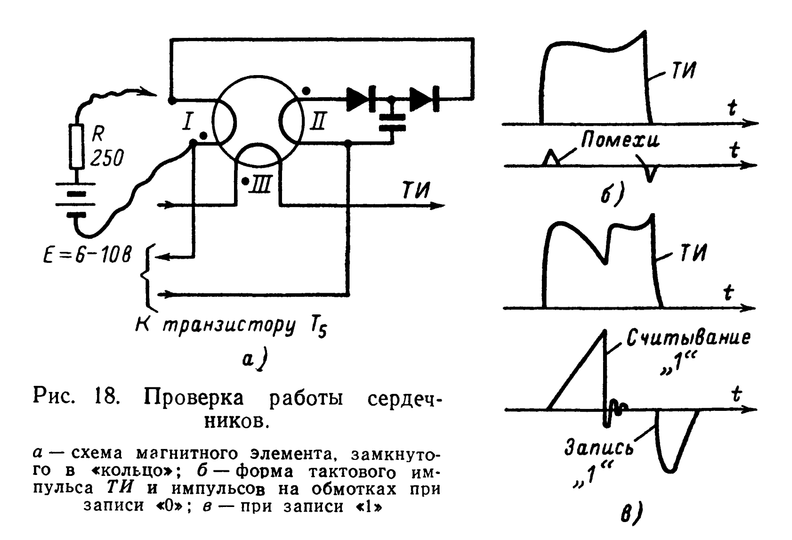


Рис. 18. Проверка работы сердечников.

а — схема магнитного элемента, замкнутого в «кольцо»; *б* — форма тактового импульса *ТИ* и импульсов на обмотках при записи «0»; *в* — при записи «1»

помехи (см. рис. 14, *б*). Изменяя сопротивления резисторов R_{21} и R_{22}, добиваются как можно большего отношения полезного сигнала к помехе. Переводя ключ *К* в положение «*Тире*», проверяют работу датчика тире. Осциллограф подключают к конденсатору C_{15} и выбирают частоту развертки такой, чтобы на экране были видны два импульса полезного сигнала и между ними три импульса помехи (с учетом коэффициента деления, создаваемого датчиком интервалов, общий коэффициент деления, наблюдаемый на осциллографе, будет равен 4). После этого подбирают конденсаторы триггера C_3 и C_4.

Потребление схемой ключа тока при напряжении источника питания $U_{к0}=12$ *в* в спокойном состоянии составляет около 5 *ма*, а когда передаются точки или тире — около 6 *ма*. Допустимые колебания напряжения источника питания при температуре от 0 до 40° С составляют ±2 *в*.

В заключение следует отметить, что на схеме рис. 16 показан электронный выход, но если потребуется иметь релейный выход, то

необходимо последовательно с резисторами R_1 и R_2 включить обмотки реле РП-4 точно так же, как в схеме автоматического ключа, показанного на рис 6

Автоматический ключ с «памятью» точек

Рассмотренные схемы ключей при работе на повышенной скорости могут допускать срывы одиночных точек при преждевременном переводе ключа с «*Тире*» на «*Точки*» и обратно в положение «*Тире*» в момент, когда еще не была окончена передача тире. Для устранения этого недостатка в схему ключа введено устройство памяти точек.

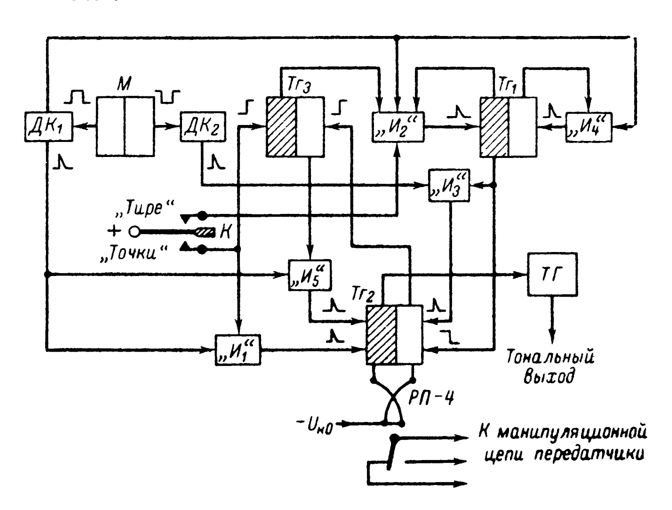


Рис. 19. Блок-схема автоматического телеграфного ключа с «памятью» точек.

Блок-схема ключа с «памятью» точек приведена на рис. 19. Она отличается от схемы ключа на рис. 4 наличием триггера памяти точек $Тг_3$, схемы «$И_5$», управляющей передачей одиночных точек, и дополнительным входом в схеме «$И_2$», исключающим срывы одиночных точек.

Взаимодействие элементов ключа в схеме рис. 19 происходит следующим образом. Допустим, что в какой-то момент времени ключ *К* из нейтрального положения переведен в положение «*Тире*». Поступающее с ключа *К* положительное напряжение открывает схему «$И_2$» и при поступлении с $ДК_1$ положительного импульса срабатывает триггер $Тг_1$, который посылает сигнал отрицательной полярности на триггер $Тг_2$. Последний, сработав, выдаст управляющий сигнал на тональный генератор, и с контактов реле РП-4 на передатчик будет послано тире. После этого ключ может быть переведен в нейтральное положение, так как дальнейшее формирование тире обеспечивается автоматически за счет триггера $Тг_1$ и схемы совпадения «$И_3$». При поступлении с $ДК_1$ второго импульса, который,

проходя через «$И_4$», возвращает триггер $Тг_1$ в исходное состояние, и на схему «$И_3$» подается управляющий сигнал. Благодаря этому в момент поступления с $ДК_2$ второго импульса в исходное состояние возвращается триггер $Тг_2$ и на этом заканчивается формирование тире. Если же ключ не будет переведен в нейтральное положение, то тогда триггер $Тг_1$ и соответственно триггер $Тг_2$ будут работать непрерывно, формируя сигналы тире, длительностью, равной 3τ.

Если в момент передачи тире ключ будет переведен в положение *«Точки»* и снова в положение *«Тире»,* то в этом случае от положительного перепада напряжения, поступающего с ножа ключа, срабатывает триггер памяти точек — $Тг_3$. Последний выключит управляющий сигнал с одного из входов схемы «$И_2$» и, следовательно, последующее срабатывание триггера $Тг_1$ будет исключено. Одновременно с триггера $Тг_3$ будет подан управляющий сигнал на схему «$И_5$».

Как только окончится передача тире и интервала, равного одной точке, так от первого импульса, поступающего с $ДК_1$, откроется схема «$И_5$» и соответственно сработает триггер $Тг_2$. Последний выдаст положительный сигнал (перепад) на триггер $Тг_3$ и возвратит его в исходное состояние. Через время, равное τ, триггер $Тг_2$ сигналом, поступающим с «$И_3$», возвратится в исходное состояние и таким образом триггером $Тг_2$ будет сформирована одна точка.

Если нож ключа оставить в положении *«Точки»,* то второе и последующее срабатывание триггера $Тг_2$ будут происходить через схему «$И_1$».

Полная схема автоматического ключа с памятью точек приведена на рис. 20, где T_1, T_2 — транзисторы мультивибратора; T_3, T_4 — транзисторы триггера памяти точек; T_5, T_6 — транзисторы первого триггера; T_8, T_9 — транзисторы второго триггера; T_7 — транзистор тонального генератора.

Схемы совпадений состоят: «$И_1$» — из резистора R_{26} и диода $Д_7$; «$И_2$» — из R_{10} и $Д_5$, $Д_2$, $Д_3$ (последние два диода можно заменить резисторами); «$И_3$» — из R_{39} и $Д_9$; «$И_4$» — из R_{13} и $Д_6$; «$И_5$» — из R_{27} и $Д_8$.

Типы применяемых деталей точно такие же, как и в схеме рис. 6.

При налаживании ключа необходимо обратить внимание на устойчивую работу триггера памяти точек, а именно, он должен срабатывать всякий раз, когда ключ $К$ переводится в положение *«Точки»* и возвращаться в исходное состояние при срабатывании второго триггера, т. е. при отпирании транзистора T_8 и запирании — T_9. Чтобы проверить работу схемы совпадения «$И_5$» и вообще всего устройства памяти, необходимо отключить схему совпадения «$И_1$», отсоединив C_{13} или $Д_7$. В этих условиях при каждом переводе ключа в положение *«Точки»* на любую продолжительность каждый раз будет возникать только одна точка, обусловленная работой устройства памяти точек. В остальном наладка схемы производится так же, как и ключа, показанного на схеме рис. 6.

Если для управления манипуляционной цепью потребуется не релейный, а электронный выход, то тогда — $U_{к0}$ подается непосредственно на резисторы R_{34} и R_{35}, а цепь манипуляции передатчика подсоединяется к коллекторам транзисторов T_8 и T_9. В последнем случае напряжение питания можно уменьшить до 4,5—6 *в*. Это указание также относится и к ключу рис. 6. Ключ потребляет: при 12 *в* — 30 *ма*, а при 6 *в* — 15 *ма*.

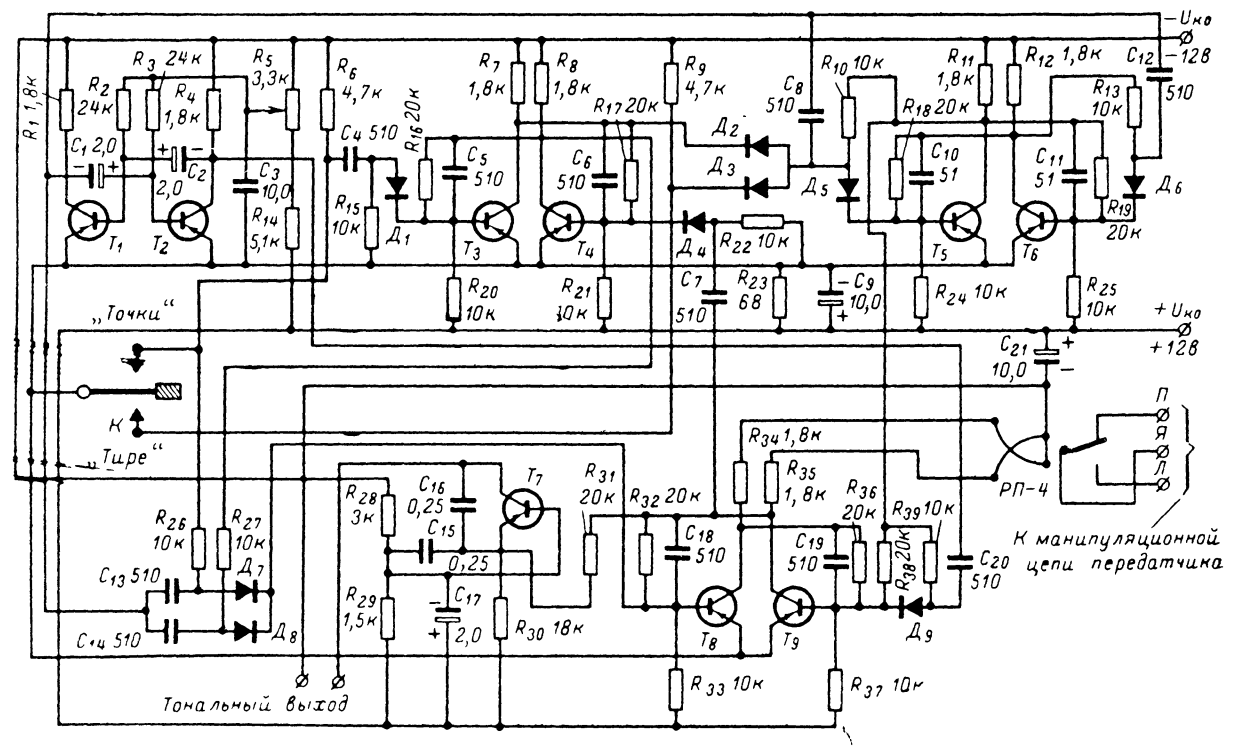


Рис. 20. Принципиальная схема автоматического телеграфного ключа с «памятью» точек.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРОГРАММИРУЮЩИЕ ЧАСЫ

Общие сведения о способах измерения и хранения точного времени

Необходимость в измерении и исчислении времени появилась еще в незапамятные времена с ростом культурных запросов человека. Решение этого вопроса как в глубокой древности, так и в наше время приводило к одному и тому же источнику — к явлениям природы. Единственным критерием времени, с которым пока сравнивались и сравниваются все существовавшие и существующие измерители времени, являются периоды обращения небесных тел, в том числе и Земли. Период обращения Земли вокруг ее оси является основной единицей измерения времени.

Пять тысяч лет назад люди для измерения времени пользовались солнечными часами — обыкновенным шестом, установленным вертикально и отбрасывающим в разное время суток тень разной длины и направления.

Позже время стали измерять с помощью водяных и песочных часов. Точность этих примитивных приборов была, разумеется, весьма недостаточной.

К XI в. нашей эры относится изобретение механических часов, а 500 лет спустя появились первые пружинные часы. Однако и они не отличались большой точностью, так как регулятор скорости движения — балансир — у них колебался неравномерно. Этот недостаток удалось устранить, когда было открыто свойство свободно подвешенного маятника сохранять постоянным период своих колебаний. Связав маятник с часовым механизмом, получили прибор для измерения времени с достаточной точностью.

Под часовым механизмом принято понимать такой механизм, в котором сила, приводящая его в действие, расходуется под управлением регулятора. Обычно в стационарных часах для управления используется маятник, а в переносных — баланс.

Непрерывное совершенствование маятниковых часов сделало их надежным измерителем и хранителем времени как для астрономических, так и для технических целей.

В связи с широко развернувшимися в последние годы исследованиями в астрономии, геофизике, космонавтике и в особенности с применением автоматики в самых различных отраслях народного хозяйства потребовались не только точные, но и массовые способы хранения времени.

Выполнить поставленную задачу оказалось возможным только с помощью электроники и, в частности, с помощью кварцевых генераторов, которые обеспечивают точность хранения времени на порядок выше, чем маятниковые часы.

В промышленности и на транспорте для правильной организации технологических процессов и движения транспорта *более важной является не сама точность отсчета времени по отношению к эталонному измерителю, а точность отсчета единого или централизованного времени.*

Согласование показаний всех часов и часовых приборов, отражающих единое текущее время, возможно только в том случае, когда все эти приборы работают с централизованным управлением. Осуществить централизованное управление легче всего при помощи электрической связи.

Принципиальное построение системы управления всеми приборами: отсчитывающими, регистрирующими, сигнализирующими время, составляющими часовой комплекс, может быть изображено в виде схемы, показанной на рис. 21. Все приборы указанной схемы работают при управлении с единого центра. От первичных часов *1*, являющихся измерителем времени, прокладываются линии, к которым подключаются часы *2*, отсчитывающие время, табельные часы *3* для учета рабочего времени, штемпеля времени *4*, *5*, звуковые сигнализаторы *6* и другие сигнализирующие и регистрирующие приборы. Все эти приборы управляются сигналами электрического тока.

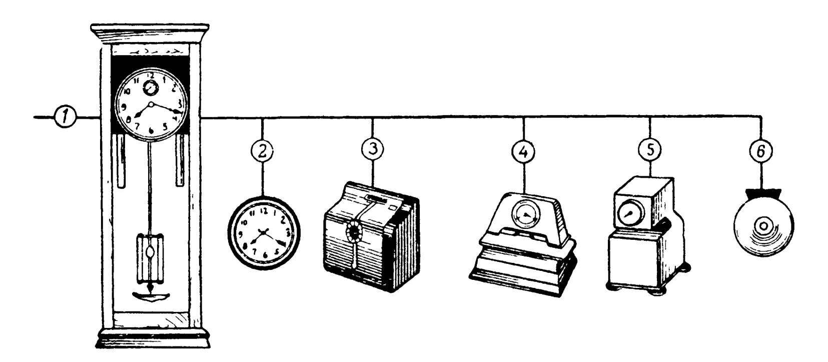


Рис. 21. Схема электрочасового комплекса заводской службы времени.

1 — первичные часы; *2* — вторичные часы; *3—5* — регистрирующие часы; *6* — звуковой сигнализатор.

Показания часов и часовых приборов системы согласовываются с показаниями первичных часов *1*. Остальные часы и часовые приборы, включенные в систему единого отсчета времени, по отношению к первичным часам являются вторичными.

Во всех приборах этой системы электричество используется в качестве силы, приводящей механизмы вторичных часов и приборов в действие, а также для установления связи этих приборов с измерителями времени.

Точность отсчета времени вторичными часами в основном определяется точностью отсчета времени первичными часами и способом управления вторичными часами. Большинство типов вторичных часов управляется от первичных не непрерывными сигналами, а импульсами, посылаемыми через дискретные промежутки времени, обычно через 1 *сек* или 1 *мин*.

Основной состав приборов, входящих в часовой комплекс и выпускаемых отечественной промышленностью, приведен в табл. 2. В качестве первичных часов обычно применяются маятниковые электромеханические часы.

В настоящее время в связи с широкой автоматизацией производства и разработкой новых технологических процессов возникла необходимость не только иметь согласованное время, но и программировать производственные процессы как по последовательности

Таблица 2

Основные приборы и аппаратура заводской службы времени

Наименование прибора	Назначение прибора
Первичные электрические часы	Независимый отсчет времени с помощью собственных механизмов, приводимых в действие электрическим током. Посылка ежеминутно, а в некоторых конструкциях — ежесекундно импульсов электрического тока вторичным часовым приборам
Вторичные электрические часы	Указание единого точного времени
Сигнальные часы	Сигнализация о заданном времени начала и конца работы, о наступлении срока начала или конца того или иного этапа работ по заданному технологическому графику и т. п.
Табельные часы для отметки в карточках	Учет времени прихода и ухода рабочих и служащих с фиксацией этого времени на контрольных карточках или лентах
То же для отметки в ведомостях	Учет времени прихода и ухода рабочих и служащих с одновременным автоматическим заполнением соответствующей части ведомости на заработную плату
Штемпельные часы	Контроль движения различных документов с отпечатыванием на них данных времени
Сторожевые часы и замковые контрольные приборы	Контроль сторожевой охраны. Контроль открывания и закрывания замков
Часы-регистраторы продолжительности работы	Учет, фиксация и контроль длительности различных процессов производства и перерывов в работе

тех или иных действий, так и по продолжительности этих действий.

До настоящего времени для этих целей обычно используются часовые комплексы, упомянутые выше, которые первоначально были разработаны в основном для административных целей. Эти часовые комплексы не удовлетворяют требованиям современного производства с его сложными и быстро протекающими процессами как по точности отсчета моментов времени, так и по гибкости установления соответствующих программ.

Один из упрощенных вариантов подобных часовых устройств, позволяющих устанавливать различные программы выдачи сигналов времени, в которых управляющие сигналы выдаются с большой точностью, мы и опишем.

Принцип работы электронных программирующих часов

Часовым программирующим устройством называется прибор, синхронизированный сигналами точного времени и вырабатывающий в определенные моменты времени серии управляющих сигналов.

Подобные приборы должны состоять из устройства измерения времени, например часовых механизмов или электронных генераторов; распределителей импульсов отсчета времени; коммутирующих устройств, позволяющих осуществлять выбор наперед заданных импульсов отсчета времени, и устройства управления, приводящего в действие объекты, подлежащие программированию.

Программирующие часовые устройства могут быть как механическими, так и электронными. На первых обычно устанавливается ряд управляемых часовым механизмом кулачковых валов, которые вращаются с различными скоростями, определяемыми коэффициентами передачи соответствующих шестерен. Импульсы отсчета снимаются с контактов, управляемых кулачками.

Механические программирующие часы неизбежно имеют люфты в механизмах передачи и неодинаковое время замыкания контактов и поэтому не могут обеспечить моменты выдачи сигналов с достаточной точностью. К тому же вращающиеся коммутаторы и остальные механические устройства требуют тщательного наблюдения и ухода (частой чистки контактов, устранения неизбежно появляющихся люфтов и пр.).

Более точными являются электронные программирующие часы. У них точность измерения времени при использовании электронных генераторов может быть получена по крайней мере не меньше точности электромеханических первичных часов, но при значительно меньших габаритах и большей простоте устройства измерения времени. Покажем это на примере.

Любой генератор, выполнен ли он на лампах или на полупроводниковых приборах, с течением времени изменяет частоту генерируемых им колебаний. Это явление обусловлено воздействием различных факторов: окружающей температуры, влажности, изменения напряжения источников питания и др.

Изменения частоты генераторов во времени в радиотехнике принято характеризовать коэффициентом нестабильности, определяемым по следующей формуле:

$$\gamma = \frac{F_{\text{рез}} - F_{\text{ном}}}{F_{\text{ном}}} = \pm \frac{\Delta F}{F_{\text{ном}}} = \frac{T_{\text{ном}} - T_{\text{рез}}}{T_{\text{рез}}} = \pm \frac{\Delta \tau}{T_{\text{ном}} \mp \Delta \tau},$$

где $F_{\text{ном}}$, $T_{\text{ном}}$ — номинальные частота и период колебания генератора, на которые его настраивают в начале измерения его стабильности;

$F_{\text{рез}}$, $T_{\text{рез}}$ — результирующие частота и период колебаний в конце какого-то отрезка времени;

ΔF, $\Delta \tau$ — отклонения частоты и периода колебаний за какой-то промежуток времени.

Знак плюс означает увеличение частоты генератора по отношению к его номинальной частоте или для часов это будет соответствовать термину — часы «спешат». Знак минус — уменьшение частоты генератора, т. е. часы «отстают».

Обычно нестабильность генератора характеризуется общим уходом частоты как в сторону увеличения, так и в сторону уменьше-

ния, т е. величиной $2\Delta F$ или для периода величиной $2\Delta\tau$ В этом случае общий коэффициент нестабильности составит:

$$\gamma_{общ} = \frac{2\Delta F}{F_{ном}} \approx \frac{2\Delta\tau}{T_{ном}}.$$

Этот коэффициент для транзисторного камертонного генератора, питаемого от стабилизированного источника питания, составляет порядка $1 \cdot 10^{-5}$, а для кварцевого — около $1 \cdot 10^{-6}$.

Обычно для часов отклонение в показании времени считают за сутки. Тогда общий коэффициент нестабильности лучших первичных маятниковых часов, для которых $\Delta\tau \pm 3$ *сек*, составит:

$$\gamma_{общ} = \frac{2\Delta\tau}{T_{ном}} = \frac{2 \cdot 3}{60 \cdot 60 \cdot 24} \approx 7 \cdot 10^{-5},$$

а для бытовых часов, у которых точность хода не лучше ± 30 *сек*, стабильность составит:

$$\gamma_{общ} = \frac{2\Delta\tau}{T_{ном}} = \frac{2 \cdot 30}{60 \cdot 60 \cdot 24} \approx 7 \cdot 10^{-4},$$

т. е. на порядок ниже, чем для лучших технических часов.

Этот расчет также показывает, что лучшие технические часы имеют стабильность почти такого же порядка, как и простые электронные генераторы. Однако электронные программирующие часы, основой которых является электронный генератор, более просты в изготовлении. Их может изготовить любой опытный радиолюбитель, тогда как электромеханические программирующие часы может изготовить только механик высокой квалификации.

Безусловно, электронные часы тоже будут иметь «люфты» из-за наличия конечной скорости срабатывания того или иного бесконтактного переключающего устройства, однако этот разброс имеет порядок единиц и десятков микросекунд, тогда как у механических устройств с течением времени он может достигать сотен миллисекунд.

Поскольку электронные программирующие часы обладают достаточно высокой точностью работы, они, кроме основной функции — программирования, могут также выполнять роль первичных часов общего часового комплекса (рис. 21). Следовательно, в них должны быть предусмотрены выходы для управления вторичными часами и всевозможными другими регистрирующими и сигнализирующими приборами.

Программирующие электронные часы могут быть представлены упрощенной блок-схемой, изображенной на рис. 22, *а* и состоящей из следующих устройств. 1) измерителя времени — задающего генератора *ЗГ*; он также включает в себя устройство для подгонки часов; 2) промежуточного делителя частоты — *ПДЧ*; 3) кольцевых коммутаторов, производящих отсчет секунд — *КОС*, минут — *КОМ* и часов — *КОЧ* с оптическими индикаторами, указывающими отсчет времени; 4) датчиков секундных — *ДС* и минутных импульсов — *ДМ*, необходимых для управления вторичными часами; 5) блока коммутации программ — *БКП*, с помощью которого задается выполнение соответствующих программ по включению и выключению того или другого устройства; 6) блока управления — *БУ* — устройства, реализующего заданную программу.

Эту блок-схему можно было бы продолжить и дальше, например ввести в нее кольцевой коммутатор недельного отсчета, или кольцевой коммутатор, отсчитывающий доли секунд, и т. д.

Приведенная блок-схема с точки зрения механических устройств представляет не что иное, как набор шестерен с соответствующими

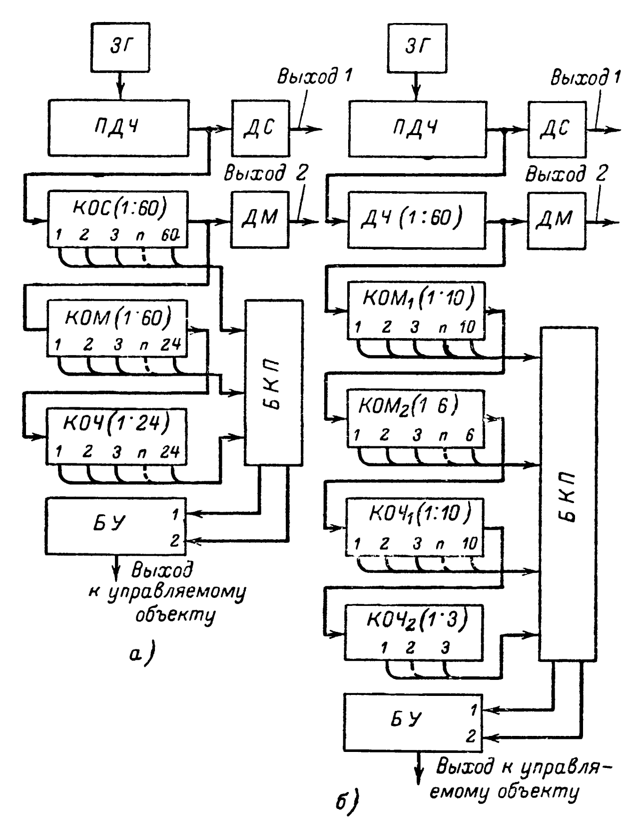


Рис. 22. Блок-схемы электронных программирующих часов.

а — первый вариант; *б* — второй, упрощенный вариант.

коэффициентами передачи; электронными аналогами этих устройств являются делители частоты и кольцевые коммутаторы.

Как первые, так и вторые служат для понижения поступающей на их входы управляющей частоты, однако кольцевые коммутаторы, помимо этого, распределяют импульсы управляемой частоты во времени и пространстве по соответствующим выходам, число которых определяется коэффициентом деления кольцевого коммутатора.

Рассмотрим последовательность формирования управляющих сигналов программирующими часами.

Частота импульсов, генерируемых задающим генератором, с помощью промежуточного делителя частоты понижается до частоты, равной 1 *гц*, т. е. на его выходе получаются секундные импульсы. Из этих импульсов в датчике секундных импульсов формируются импульсы, необходимые для управления вторичными часами (*Выход 1*).

Одновременно из импульсов, получаемых с выхода *ПДЧ*, с помощью кольцевого коммутатора отсчета секунд формируются распределенные во времени и пространстве секундные импульсы, необходимые для управления оптическими индикаторами, которые показывают текущее время. Эти же импульсы служат для управления в заданные моменты времени тем или другим устройством. Для этой цели коммутатор отсчета секунд связан с блоком коммутации программ. Очевидно, что *КОС* должен иметь 60 выходов, что соответствует числу секунд в минуте, и, следовательно, коэффициент деления, равный 60.

Импульсы, получаемые на выходе *КОС*, имеют частоту повторения, равную 1 *имп/мин*, т. е. на его выходе получаются минутные импульсы. В блоке *ДМ* формируются минутные импульсы, необходимые для управления вторичными часами (*Выход 2*).

Аналогично рассмотренному из минутных импульсов в кольцевом коммутаторе отсчета часов формируются часовые импульсы. Это устройство по числу часов в сутках имеет 24 выхода.

Для того чтобы управляемое устройство могло быть включено и выключено в заданные моменты времени, в блоке коммутации программ должны быть предусмотрены соответствующие переключатели или любые другие коммутирующие устройства. Очевидно, что число таких устройств будет определяться числом кольцевых коммутаторов и числом управляемых объектов.

Импульсы, получаемые на выходе *БКП*, по раздельным линиям *1* и *2* поступают в блок управления. Этими импульсами управляемое устройство будет автоматически, по заранее заданной программе, включено и выключено точно в установленные моменты времени.

Рассмотренная блок-схема программирующих часов весьма проста. Однако для практического применения в радиолюбительской практике она сложна тем, что имеет большое количество схемных элементов, которые к тому же в практике радиолюбителей не будут все полностью использованы. Например, едва ли потребуется отсчет времени с точностью до секунд. Поэтому этот кольцевой коммутатор вместе с индикаторным устройством можно заменить делителем частоты на 60.

Кольцевой коммутатор отсчета часов вполне можно уменьшить с 24 до 12, т. е. отсчитывать время так, как это делается в обычных часах.

Кольцевой коммутатор отсчета минут можно разбить на два коммутатора: первый, например, отсчитывает единицы минут с циклом повторения, равным 10, а второй отсчитывает десятки минут с циклом повторения, равным 6.

В этом случае устройство отсчета минут будет содержать 16 элементов, тогда как это же устройство, приведенное на рис. 22, *а*, имело 60 элементов, т. е. представляется возможным сократить число элементов кольцевого коммутатора отсчета минут более чем

в 3 раза. Количество переключателей при этом увеличится, однако число контактов на переключателях уменьшится.

По такому же принципу можно устроить секундный и часовой отсчеты, если в этом возникнет потребность.

Блок-схема упрощенного варианта электронных программирующих часов приведена на рис. 22, *б*. Здесь приняты следующие обозначения: *ДЧ* — делитель частоты; $КОМ_1$ — кольцевой коммутатор отсчета единиц минут; $КОМ_2$ — кольцевой коммутатор отсчета десятков минут: $КОЧ_1$ — кольцевой коммутатор отсчета единиц часов; $КОЧ_2$ — кольцевой коммутатор отсчета десятков часов.

Принцип работы и выбор элементов схем основных узлов электронных программирующих часов

Задающий генератор. В тех случаях, когда не требуется большая точность отсчета времени в качестве задающего генератора, можно применить мультивибратор с температурной стабилизацией (рис. 23). Достоинство такого генератора состоит в том, что можно простыми средствами осуществлять регулировку частоты генерируе-

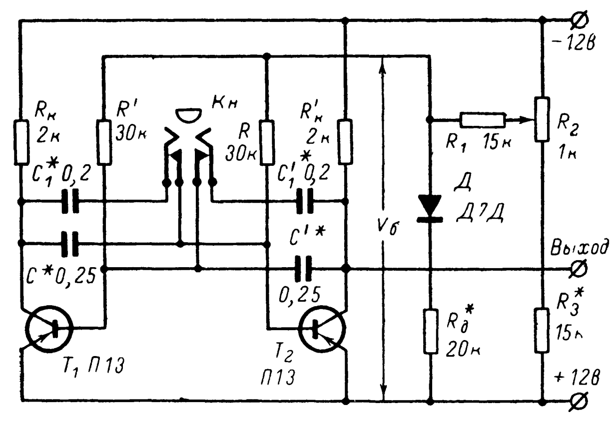


Рис. 23. Схема мультивибратора (задающего генератора) с температурной стабилизацией частоты (*Кн* — кнопка установки показания времени).

мых колебаний, например изменением напряжения $U_б$, подаваемого на базы транзисторов мультивибратора. К тому же получаемые на его выходах импульсы имеют достаточно хорошую крутизну фронта, что позволяет использовать их для управления последующими схемами без предварительного формирования.

При выборе частоты мультивибратора следует иметь в виду, что с понижением частоты мультивибратора возрастает емкость конденсаторов C, C_1, C' и C'_1. Увеличение емкости конденсаторов ведет в свою очередь к понижению стабильности частоты мультивибратора за счет нестабильности самих конденсаторов большой емкости. Практически частоты мультивибратора ниже 40—50 *гц* выбирать не следует. Увеличение частоты выше 100—120 *гц* нерацио-

нально, так как при этом увеличивается коэффициент деления промежуточного делителя частоты, что приводит к усложнению схемы На частотах 50—100 *гц* мультивибратор обеспечивает стабильность частоты порядка $\pm 5 \cdot 10^{-4}$, при которой суточная точность электронных часов составит ± 45 *сек*. Однако при соответствующем выборе диода *Д* и подборе сопротивления $R_д$, а также при осуществлении питания от индивидуального источника, например от отдельных карманных батарей, мультивибратор может обеспечить стабильность частоты γ при изменении температуры от +10 до +30° С не хуже $\pm (2 \div 3) \cdot 10^{-4}$.

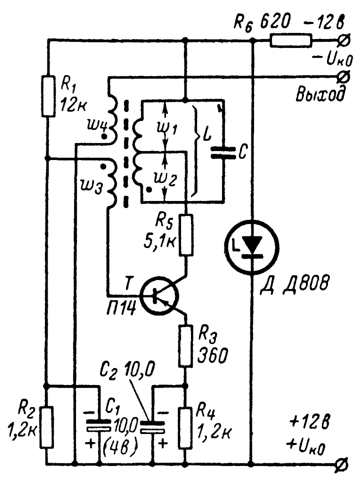


Рис. 24. Схема задающего *LC*-генератора.

Транзисторы следует выбирать с малым обратным током как коллекторного перехода $I_{к0}$, так и эмиттерного перехода $I_{э0}$. Падение напряжения на отпертых транзисторах (при отключенных конденсаторах C, C', C_1 и C'_1) должно быть не более 0,1 *в*.

Перевод «стрелок часов» (подгонка времени) осуществляется кнопкой *Кн*, с помощью которой отключаются конденсаторы C_1, C'_1, и этим увеличивается частота мультивибратора.

Достаточно просто и довольно высокую стабильность частоты можно получить от *LC*-генераторов (рис. 24). Основой такого генератора является колебательный контур, состоящий из катушки индуктивности *L* и конденсатора *C*, и активный элемент — транзистор *T*.

Чтобы исключить влияние обратного тока транзистора $I_{к0}$ на частоту генератора при изменении окружающей температуры, в рассмотренной схеме введена так называемая температурная стабилизация по постоянному току. Она осуществляется резисторами R_1—R_4. Этими же резисторами обеспечивается выбранный режим транзистора независимым от его конкретных параметров. Назначение резистора R_5 — исключить шунтирование колебательного контура выходным сопротивлением транзистора, которое приводило бы к уменьшению эффективной добротности контура, а следовательно, и стабильности генератора.

Диод *Д* — стабилитрон типа Д808, который совместно с резистором R_6 осуществляет стабилизацию напряжения питания генератора.

В качестве сердечников катушек индуктивности низкочастотных генераторов следует применять тороидальные альсиферовые сердечники, позволяющие конструировать генераторы на частоты до 500—15 000 *гц*. Для частот ниже 500 *гц* применение альсиферовых сердечников нежелательно, так как из-за малой магнитной проницаемости для получения большой индуктивности потребуется наматывать такое число витков, которое может не уместиться на сердечнике.

В генераторе на рис. 24 применен тороидальный сердечник марки ВЧК-22 с наружным диаметром 36 *мм* и внутренним 25 *мм*. Число витков: $w_1 = 1\,000$ $w_2 = 2\,500$ $w_3 = w_4 = 250$. Величина емкости конденсатора для частоты $F = 1\,000$ *гц* — 0,1 *мкф* и для $F = 500$ *гц* — 0,9 *мкф*, конденсаторы типа ССГ. При отсутствии последних можно применить конденсаторы типа КСГ. Общая нестабильность частоты такого генератора в диапазоне температур 0 — 40° С на частотах 500 — 1 000 *гц* не превышает $(2 \div 5) \cdot 10^{-4}$.

При необходимости получения более точного отсчета времени в качестве задающего генератора можно применить генераторы камертонного типа, которые нашли широкое применение в аппаратуре дальней связи, так как они более просты и обладают более высокой стабильностью по сравнению с кварцевыми генераторами низких частот. Камертонные генераторы, как правило, изготавливают на частоты 1 000—5 000 *гц*; в частности, для фототелеграфной аппаратуры на 1 800 *гц*.

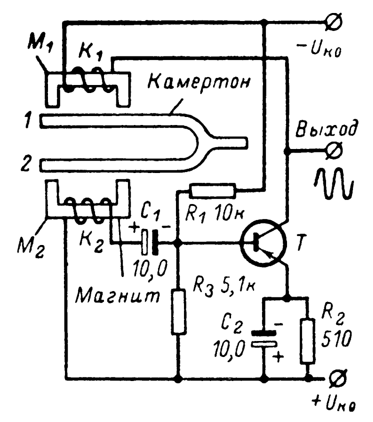


Рис. 25. Простейшая схема камертонного задающего генератора.

Простейшая схема камертонного генератора на транзисторе показана на рис. 25. У конца каждой ножки камертона (*1*, *2*) расположены постоянные магниты (M_1 и M_2), магнитное поле которых замыкается через ножку камертона. На магнитах расположены катушки (K_1 и K_2). При колебаниях камертона изменяется воздушный зазор между его ножками и постоянными магнитами, в результате чего изменяется магнитный поток и в катушках индуктируется э. д. с. Если катушки, находящиеся на постоянных магнитах, включить в коллекторную и базовую цепи транзистора, как показано на рис. 25, то за счет наличия положительной обратной связи генератор будет возбуждаться. Так, при включении коллекторной цепи транзистора в катушке K_1 появится ток. Произойдет намагничивание магнита M_1, который притянет ножку камертона и сообщит ей толчок. Ножка *1* начнет колебаться, увлекая за собой также ножку *2*. В результате колебаний ножки *2* в катушке K_2 возникает переменная э. д. с., которая, поступая на базу транзистора, вызывает изменение коллекторного тока. Этот переменный коллекторный ток, протекая по катушке K_1, в свою очередь будет изменять магнитное поле около ножки *1* и усиливать ее колебания. Усиление колебаний ножки камертона еще более увеличивает э. д. с. в цепи базы транзистора и т. д., генератор начинает возбуждаться с частотой, близкой к частоте собственных колебаний камертона.

Приведенная схема практически почти не применяется, так как она не обеспечивает высокой стабильности при изменениях напряжения источника питания и окружающей температуры, хотя сам камертон изготовляется из двух металлов с положительным и отрицательным температурными коэффициентами (сталь и элинвар).

На частоту камертонного генератора существенное влияние оказывают электрическая схема камертонного транзисторного генератора, ее режим и особенно изменения напряжения источников питания и параметров транзистора при изменениях окружающей температуры. Эти факторы изменяют амплитуду колебания ножек камертона, причем влияние амплитуды колебания камертона на его частоту по сравнению с другими влияниями является более сильным.

Исходя из сказанного, важно выбрать электрическую схему камертонного генератора и ее режим такими, чтобы при изменениях питающих напряжений и окружающей температуры по возможности избежать изменений коллекторного тока генератора в катушке камертона. С этой целью транзисторный генератор ставят в режим ограничения. В этом случае изменение питающего напряжения (до ±1%) незначительно сказывается на токе нагрузки, так как большую часть периода колебаний транзистор работает в режиме тока насыщения.

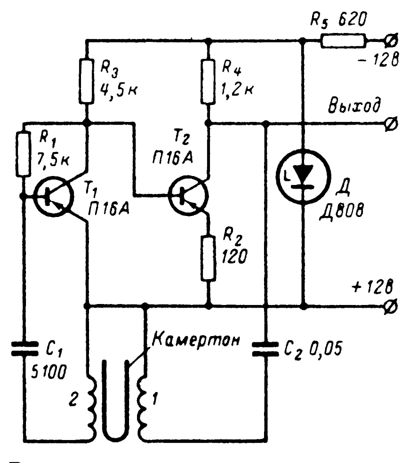


Рис. 26. Схема камертонного генератора на транзисторах с автоматической стабилизацией амплитуды колебаний камертона.

Для работы транзисторного генератора в режиме ограничения на базу транзистора необходимо подать высокое напряжение. Последнее получается за счет усиления напряжения, возникающего в катушках камертона, дополнительным транзисторным усилителем.

Схема камертонного генератора с усилительным и ограничительным каскадами приведена на рис. 26, где T_1 — усилительный транзистор и T_2 — транзистор ограничительного каскада.

Специальным подбором емкости C_2 можно создать условия, при которых приведенная схема становится мало чувствительной к изменениям коллекторного напряжения. Режим ограничительного каскада выбирается таким, чтобы транзистором T_2 обеспечивалось двустороннее ограничение. Поэтому в моменты, когда транзистор T_2 заперт, конденсатор C_2 медленно заряжается от напряжения источника питания через сопротивление R_4, когда транзистор T_2 отперт, конденсатор C_2 быстро разряжается через этот отпертый транзистор и катушку *1* камертона.

Таким образом, действие каскада, работающего в режиме ограничения, сводится к тому, что транзистор T_2 работает в качестве ключа в разрядной цепи конденсатора C_2. Благодаря этому камертон возбуждается строго определенными порциями энергии, накапливаемой в конденсаторе C_2, и генератор практически не изменяет своего режима при изменениях напряжения питания, поскольку последнее влияет только на заряд конденсатора. Изменение напряжения питания на 10% вызывает изменение стабильности генерато-

ра приблизительно на $1 \cdot 10^{-6}$. Изменение напряжения на коллекторе, а следовательно, и частоты колебаний можно значительно уменьшить применением стабилитронов (кремниевых диодов). Такой же порядок составляет уход частоты при изменении окружающей температуры от 10 до 50° С.

Стабилизация режима транзисторов по постоянному току осуществляется резисторами R_1 и R_2.

При применении камертона на частоту 1 800 *гц* с сопротивлением обмоток по 3 000 *ом* генератор устойчиво работает при изменении напряжения источника питания от 1 до 15 *в* (при выключенном диоде *Д* и резисторе R_5). При этом амплитуда выходного напряжения составляет соответственно 0,6 и 7,5 *в*, а время возбуждения вилки камертона 38 и 7 *сек*.

Если применяются камертоны других типов, то для устойчивого возбуждения генератора потребуется изменить величину емкости не только конденсатора C_2, но и C_1.

Генератор, собранный по схеме рис. 26, при изменении окружающей температуры от 0 до 50° С имеет общую нестабильность частоты порядка $(2—3) \cdot 10^{-5}$.

Однако даже при самом точном изготовлении камертонов частоты различных камертонных генераторов не могут быть получены с нужной степенью точности. Поэтому необходимо иметь возможность регулировать частоту камертонного генератора с целью более точной настройки устройства измерения времени.

Управление частотой камертонного генератора осуществляется или изменением магнитного потока постоянных магнитов, например дополнительным подмагничиванием, или изменением воздушного зазора магнитов или амплитуды тока, питающего катушку магнита [в цепь эмиттера транзисторного генератора включается дополнительный резистор R_2 (рис. 26), при помощи которого осуществляется отрицательная обратная связь в транзисторном генераторе].

Практически как при изменении сопротивления R_2, так и магнитного потока специально установленным для этой цели магнитом диапазон регулировки по суточному ходу составляет около 10 *сек*

Еще более высокую стабильность частоты можно получить от кварцевого генератора, основой которого является кварцевая пластинка.

Если такую пластинку поместить между двумя электродами, то она становится электрически эквивалентной контуру, состоящему из индуктивности и емкости, и соответственно будет обладать резонансными свойствами.

Следовательно, кварц можно применить в генераторе с обратной связью как элемент, определяющий частоту колебаний с высокой стабильностью. Причем температурное воздействие, оказываемое на них, незначительно и поэтому они чрезвычайно удобны для работы в устройствах отсчета точного времени.

Задающий кварцевый генератор можно построить на низкую частоту порядка 1—20 *кгц* или на высокую — 100 *кгц* и более. Обычно низкочастотные кварцы представляют собой несколько кварцевых пластин, склеенных между собой, тогда как высокочастотные кварцы представляют монокристалл. Поэтому низкочастотные кварцевые генераторы по сравнению с высокочастотными имеют меньшую стабильность частоты.

В настоящее время разработано множество вариантов схем кварцевых генераторов. Одна из таких схем, являющаяся наиболее простой и в то же время мало чувствительной к смене транзисторов, колебаниям напряжения источника питания и к изменениям окружающей температуры, приведена на рис. 27.

В этой схеме могут работать как низкочастотные кварцы, так и высокочастотные. Для первых следует выбирать $C_1=940$ ***пф*** и $C_2=147$ ***пф***, а для вторых $C_1=C_2=470$ ***пф***. Незначительная подстройка частоты генератора может быть осуществлена изменением емкости конденсатора C_1 или C_2. Диод *Д* — кремниевый стабилитрон — совместно с резистором R_5 осуществляет стабилизацию напряжения источника питания.

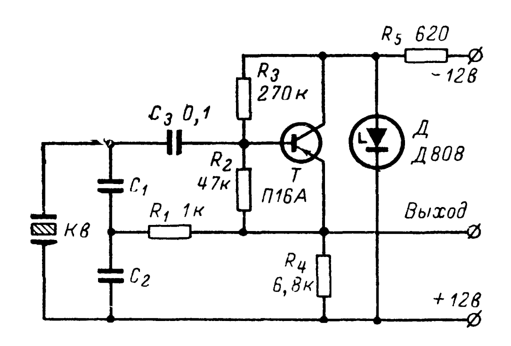


Рис. 27. Схема кварцевого генератора (*Кв* — кварцевый резонатор).

Генератор в температурном диапазоне 0—50° С имеет нестабильность частоты порядка $(1—3)\cdot10^{-6}$. В случае применения термостабилизации, т. е. при стабилизации окружающей температуры как кварца, так и всех деталей генератора, стабильность частоты может составить не хуже $1\cdot10^{-7}$.

Формирователь прямоугольных колебаний. В рассмотренных задающих генераторах на выходе получаются колебания, по форме близкие к синусоидальным (за исключением мультивибратора). В то же время для надежного запуска импульсных схем необходимы колебания с достаточно крутым фронтом. Поэтому на выходе генератора необходимо иметь формирователь прямоугольных колебаний.

Для частот порядка 20 *кгц* и более формирование прямоугольных колебаний можно легко осуществить одним-двумя усилительными каскадами, в которых транзисторы работают в режиме насыщения. Однако на низких частотах такие схемы получаются достаточно громоздкими. В этих случаях целесообразно прямоугольные колебания формировать регенеративными устройствами, например триггером с эмиттерной связью, который иногда называют триггером Шмитта.

Принципиальная схема формирователя изображена на рис 28, где T_1 — транзистор эмиттерного повторителя, T_2 и T_3 — транзисторы триггера.

Как известно, эмиттерный повторитель имеет большое входное сопротивление, определяемое формулой

$$R_{вх} = B_{ст} R_{н},$$

где $B_{ст}$ — коэффициент усиления транзистора для схемы с общим эмиттером;

$R_{н} \approx \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$ — сопротивление нагрузки.

Поэтому он служит для уменьшения нагрузки на задающий генератор, а также в качестве элемента развязки.

Рассмотрим работу триггера. В отсутствие сигнала на входе формирователя транзистор T_2 заперт положительным смещением, создаваемым на резисторе R_5, а T_3 — отперт напряжением, поступающим с коллектора T_2. При поступлении на вход отрицательной

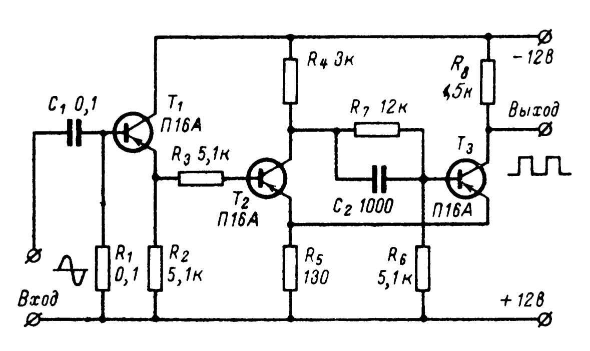


Рис. 28. Схема формирователя колебаний прямоугольной формы.

полуволны синусоидального колебания появляется отрицательное напряжение на резисторе R_2, которое через R_3 поступает на базу T_2. Это напряжение, противодействуя положительному смещению, создаваемое на R_5, приводит к открыванию транзистора T_2, а это в свою очередь приводит к закрыванию транзистора T_3, а следовательно, и к уменьшению запирающего напряжения, создаваемого на R_5. За счет этого регенеративного действия, создаваемого внутренней положительной обратной связью, образованной резисторами R_5 и R_7, происходит быстрое открывание транзистора T_2 и закрывание транзистора T_3.

При уменьшении амплитуды отрицательной полуволны, поступающей на вход T_1, до некоторого уровня схема за счет развития процесса в обратном направлении возвращается в исходное состояние.

В данной схеме крутизна фронтов колебаний, получаемых на выходе, практически не зависит от скорости нарастания и спадания входного сигнала, а также и его амплитуды и в основном определяется частотными свойствами применяемых транзисторов. В частности, при использовании транзисторов типа П16А крутизна фронтов прямоугольных колебаний составляет порядка 1,5 — 2 *мксек*.

Делители частоты. Делители частоты целесообразно строить на феррит-диодных регистрах сдвига. В этом случае они получаются компактными и в то же время достаточно экономичными по потребляемой энергии от источника питания.

Согласно блок-схеме на рис. 22, *б* промежуточный делитель должен выдавать секундные импульсы, т. е. частота следования импульсов на выходе должна быть равна 1 *гц*. Для этой цели можно применить двухрядный делитель, каждый ряд которого представляет собой одноходовый регистр сдвига, замкнутый в кольцо.

Функциональная схема делителя частоты приведена на рис. 29.

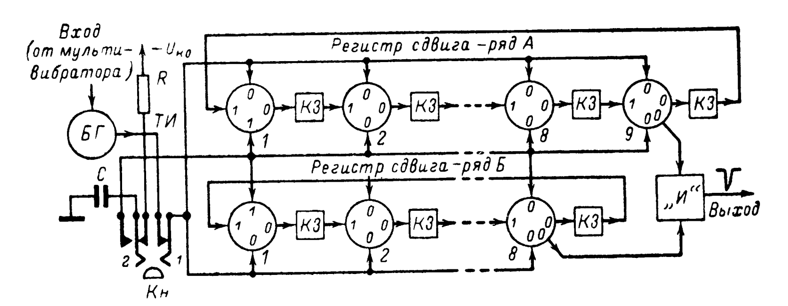


Рис. 29. Функциональная схема промежуточного делителя частоты.

БГ — блокинг-генератор; *КЗ* — цепь задержки; *Кн* — кнопка записи «1», «*И*» — схема двух совпадений.

Делители частоты, построенные на регистрах сдвига, могут иметь как автоматическую запись «1» в каждый ряд делителя, так и ручную. Первая осуществляется за счет применения схем «ЗАПРЕТ». Эти схемы сложны в наладке и требуют повышенной мощности от источника тактовых импульсов. Поэтому в описываемых программирующих часах принята ручная запись «1» с помощью кнопки *Кн* (рис. 29). Этой же кнопкой одновременно осуществляется запись «1» и в другие устройства электронных часов.

Импульсы, образованные в формирующих блоках (задающем генераторе и блокинг-генераторе) и управляющие регистром сдвига, будем называть тактовыми.

Блокинг-генератор служит для получения импульсов тока, необходимых для работы регистра сдвига.

При нажатии кнопки *Кн* контактом *1* отключаются задающий генератор и блокинг-генератор тактовых импульсов, а переключающимся контактом *2* к записывающим обмоткам подключается конденсатор *С*, заряженный до напряжения $U_{к0}$. Эти обмотки включены так, что первые сердечники каждого ряда перемагничиваются в состояние «1», а остальные — в состояние «0».

При отпускании кнопки *Кн* «1», записанные в регистры, за счет тактовых импульсов будут циркулировать каждая в своем кольце.

Выход каждого регистра соединен с выходом делителя частоты через схему «И». Следовательно, сигнал на выходе схемы «И» (делителя частоты) будет появляться только при одновременном поступлении сигналов на оба ее входа (рис. 30).

При выбранном количестве ячеек в регистрах сдвига коэффициент деления делителя будет равным 72 ($8\times9=72$). Поэтому частота задающего генератора взята равной 72 *гц*.

Принципиальная схема промежуточного делителя частоты приведена на рис. 31. Источником тактовых импульсов является ждущий блокинг-генератор (транзистор T_1), управляемый от положительных импульсов задающего генератора — мультивибратора. Ключевая цепь регистров сдвига управляется транзистором T_2, который открывается обратным импульсом блокинг-генератора. Схема «И»

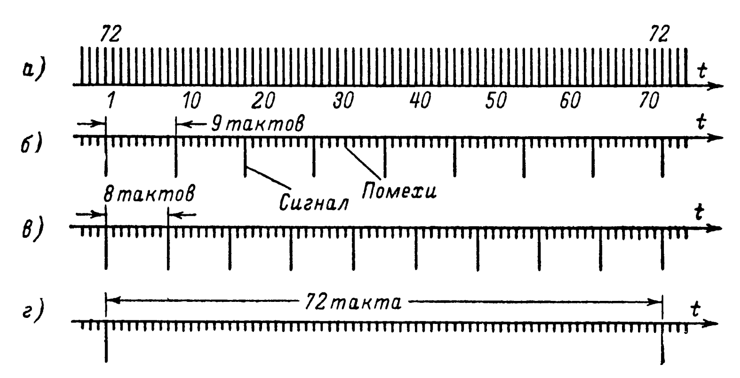


Рис. 30. Распределение во времени входных и выходных импульсов в делителе частоты 1 : 72.

а — управляющие импульсы на входах регистров сдвига; *б* — импульсы на выходе первого регистра сдвига; *в* — импульсы на выходе второго регистра сдвига; *г* — импульсы на выходе схемы «И»

состоит из диодов $Д_2$, $Д_3$ и сопротивления R_4. При одновременном поступлении с обоих регистров сдвига импульсов отрицательной полярности диоды $Д_2$ и $Д_3$ запираются и на выход схемы поступает импульс отрицательной полярности (рис. 30, *г*).

Делитель частоты 1 : 60, так же как и промежуточный делитель, состоит из двух регистров сдвига, замкнутых в кольцо; первый регистр имеет десять, а второй — шесть ячеек. Регистры соединены последовательно, благодаря чему и достигается деление на 60. Функциональная схема делителя приведена на рис. 32.

Принципиальная схема делителя 1 : 60 по существу ничем не отличается от схемы на рис. 31 и поэтому не приводится.

Кольцевые коммутаторы, предназначенные для управления программирующими устройствами, в принципе мало чем отличаются от делителей частоты. Основное их отличие состоит в том, что они, осуществляя деление частоты, распределяют управляющие импульсы во времени и пространстве, т. е. должны иметь число промежуточных выходов, равное коэффициенту деления.

Поскольку кольцевые коммутаторы в данных программирующих часах совмещают в себе и оптические индикаторы, необходимые для визуального контроля, то необходимо в первую очередь рассмотреть принципы построения устройств цифровой индикации.

Индикаторное устройство. Индикация времени, которая на принятой блок-схеме электронных программирующих часов сводится,

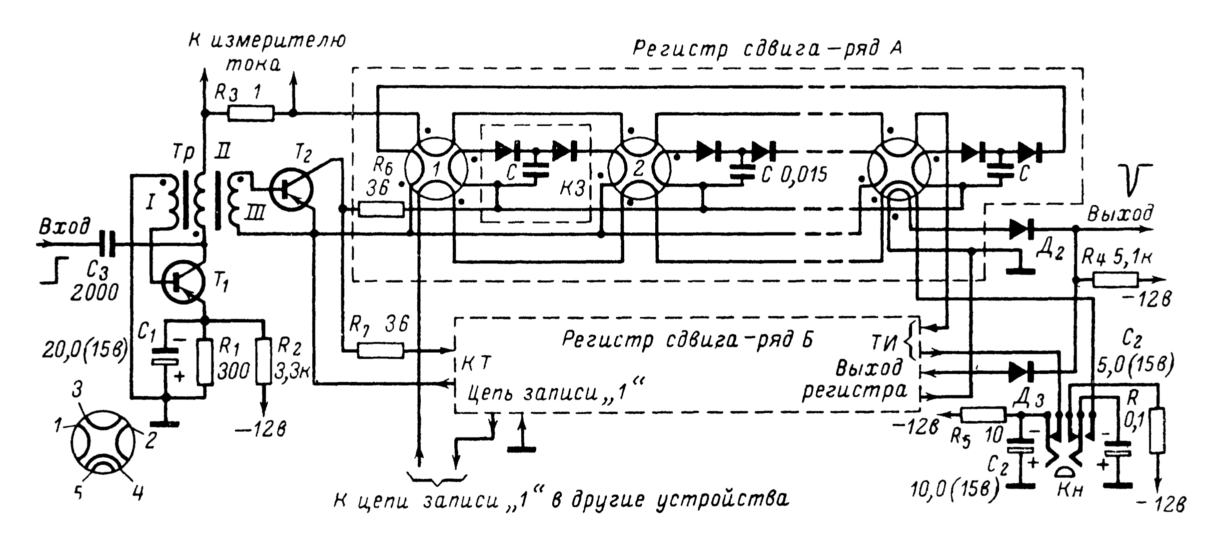


Рис. 31. Принципиальная схема промежуточного делителя частоты 1 : 72.

как уже отмечалось, к индикации состояния того или другого элемента кольцевого коммутатора, может осуществляться различными способами. Наибольшее употребление в бесконтактной переключающей технике находят: *условно цифровая индикация* по системе двоичного или десятичного счисления и *цифровая (знаковая) индикация* по системе десятичного счисления.

В условно цифровой системе индикация осуществляется по положению свечения какого-либо прибора относительно шкалы с нанесенными на нее цифрами. Чаще всего осуществляют подсвет той или другой цифры. Для этой цели обычно используются лампы накаливания или газоразрядные приборы — неоновые лампы, тиратроны с холодным катодом (рис. 33) или декатроны.

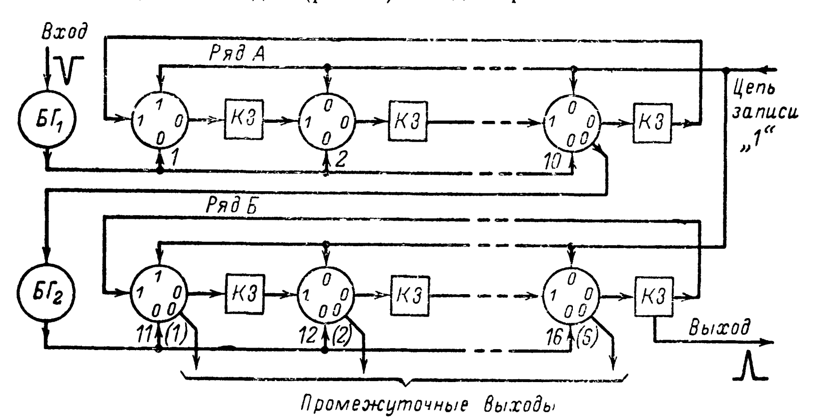


Рис. 32. Функциональная схема делителя частоты 1 : 60.

Этот способ индикации является наиболее простым, в особенности при применении тиратронов и декатронов, так как эти приборы могут одновременно выполнять функции переключательных элементов кольцевых коммутаторов. Однако недостатком этих приборов является малая наглядность, вызванная расположением знаков на разных уровнях. Последнее затрудняет их чтение, особенно многоразрядных чисел.

В цифровой системе индикация осуществляется с помощью цифр, появляющихся на лицевой панели в соответствующих разрядах десятичного числа. Такая индикация может осуществляться как с помощью специальных цифровых ламп, экранов электроннолучевых трубок, так и с помощью табло мозаичного типа, которое может быть составлено из ламп накаливания, газоразрядных ламп, электролюминесцентных индикаторов и других приборов.

Самым эффективным и простым способом, позволяющим осуществлять цифровую индикацию, является применение специально разработанного для этой цели цифрового индикатора тлеющего разряда ИН1 (рис. 34), который характеризуется достаточно высокими световыми параметрами при малой потребляемой мощности.

В этом индикаторе на разном расстоянии от лицевой стороны прибора размещены десять катодов, выполненных в форме арабских

цифр 0, 1, 2, ..., 9, а два сетчатых анода, соединенных вместе, помещены между этими катодами.

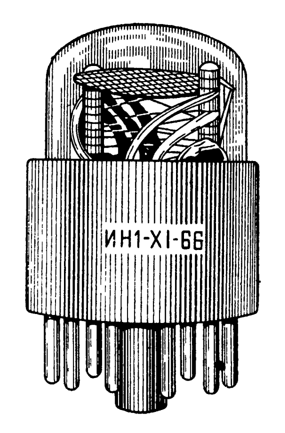
При подаче напряжения между общим анодом и выбранным катодом в лампе возникает тлеющий разряд и в результате цифровой символ начинает светиться и хорошо виден через баллон лампы. Сила тока тлеющего разряда ограничивается высокоомным резистором, включенным в анодную цепь лампы.

Рис. 33. Внешний вид газоразрядных приборов и их цоколевка.

а — тиратрон тлеющего разряда МТХ90; *б* — неоновая лампа МН-3, *в* — неоновая лампа МН-8; *А* — анод; *К* — катод; *УЭ* — управляющий электрод

Несмотря на значительные преимущества такого индикатора, он имеет недостаток, а именно: для управления цифровой лампой необходим источник питания с напряжением 200—300 *в*. Наличие такого источника затрудняет управление зажиганием электродов индикаторных ламп с помощью транзисторов, так как наиболее высоковольтные транзисторы, выпускаемые в настоящее время, допускают коммутацию цепей с напряжением около 100 *в* (транзисторы П26 с переходами типа *р-п-р*). Другая трудность состоит в том, что общим электродом лампы является не катод, а анод. Следовательно, для управления зажиганием электродов лампы необходимо иметь транзисторы с переходами типа *п-р-п*, которые пока изготавливаются с предельно допустимым напряжением около 30 *в*.

Управление зажиганием неоновых ламп с помощью транзисторов можно осуществить различными способами. Два основных из них приведены на рис. 35.



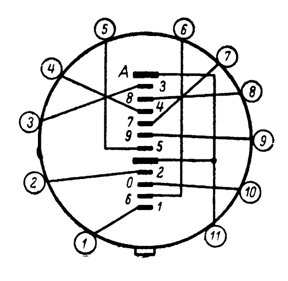


Рис. 34. Внешний вид и цоколевка цифровой индикаторной лампы ИН1.

В первом способе (рис. 35, *а*) неоновая лампа включена последовательно с двумя встречно включенными источниками питания U_1 и U_2. Благодаря этому между электродами лампы устанавливается напряжение, недостаточное для зажигания лампы. При отпирании транзистора T происходит подключение резистора R_3 на общую точку и, следовательно, выключение напряжения U_2. На неоновой лампе устанавливается напряжение U_1, достаточное для ее зажигания.

Следует заметить, что напряжение U_2 можно получить посредством делителя из напряжения U_1.

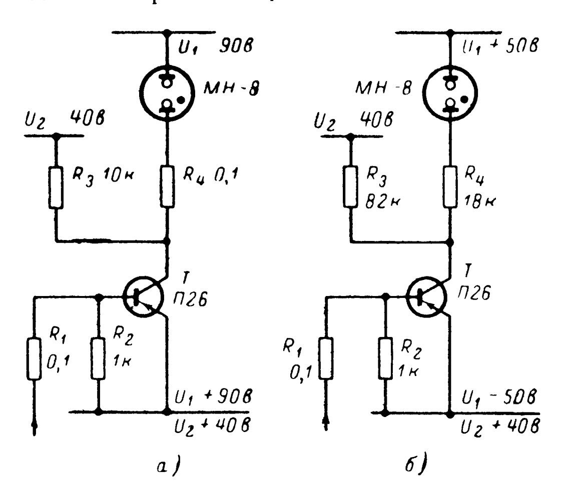


Рис. 35. Способы управления зажигания неоновых ламп, в которых лампа горит.

а — при отпертом транзисторе; *б* — при запертом транзисторе

В данном способе управления транзистор T должен обеспечивать работу при повышенном напряжении, равном U_2.

Во втором способе (рис. 35, *б*) неоновая лампа включена между двумя последовательно включенными источниками U_1 и U_2, суммарное напряжение которых достаточно для зажигания неоновой лампы.

Лампа зажигается при запирании транзистора T. Следовательно, при не зажженной лампе транзистор отперт и от источника U_2 происходит непрерывный расход энергии, что является недостатком данной схемы. Однако этот способ имеет важное достоинство, состоящее в том, что между коллектором и эмиттером запертого транзистора устанавливается значительно меньшее напряжение, чем в первой схеме. Так, при указанных на схеме рис. 35 величинах сопротивлений резисторов и типе применяемой неоновой лампы устанавливается напряжение около 20 *в*, тогда как в первой около 40 *в*.

По аналогии с изложенным может быть осуществлено управление зажиганием катодов в цифровой лампе ИН1.

Управление зажиганием по первому способу с использованием транзисторов с переходами типа *n-p-n* показано на рис. 36.

В этой схеме из всех транзисторов всегда один отперт, а остальные заперты. Следовательно, только на одном из катодов, к которому подсоединен коллектор отпертого транзистора, устанавливается повышенное напряжение, достаточное для возникновения свечения на этом катоде. Между анодом и светящимся катодом устанавливается напряжение горения, равное (для ИН1) 150 *в*, а между анодом и каждым из остальных катодов устанавливается на-

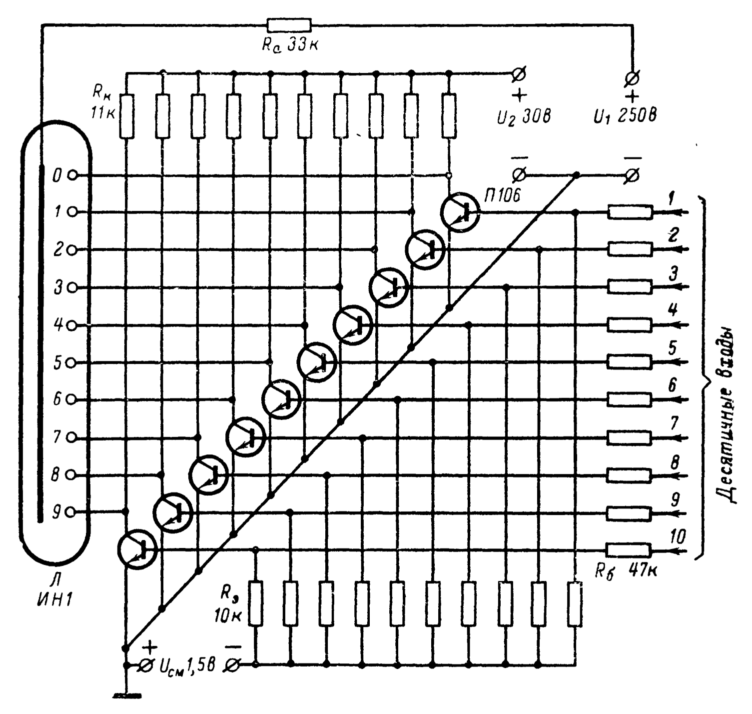


Рис. 36. Схема управления цифровой лампой транзисторами типа *n-p-n*.

пряжение около 120 *в* — недостаточное для установления свечения на этих катодах.

Вторая схема приведена на рис. 37. В ней по сравнению с первым способом, наоборот, всегда один транзистор заперт, а остальные отперты. Между анодом и катодом лампы, подсоединенной к запертому транзистору, приложено напряжение U_1+U_2. Следовательно, между этим катодом и анодом возникает тлеющий разряд, приводящий к установлению свечения на этом катоде. На транзисторе, подсоединенному к светящемуся катоду, устанавливается напряжение порядка 50 *в* — часть напряжения теряется на резисторе

R_a Запертый транзистор будет находиться под безопасным для него напряжением.

Недостаток этой схемы состоит в сравнительно большом потреблении энергии постоянно отпертыми транзисторами от источника U_2. Но так как транзисторы в части допустимого напряжения и тока работают в облегченном режиме, то этим самым обеспечивается высокая надежность их работы. Кроме того, схема легко сопрягается с устройствами, выполненными на транзисторах, имеющих пе-

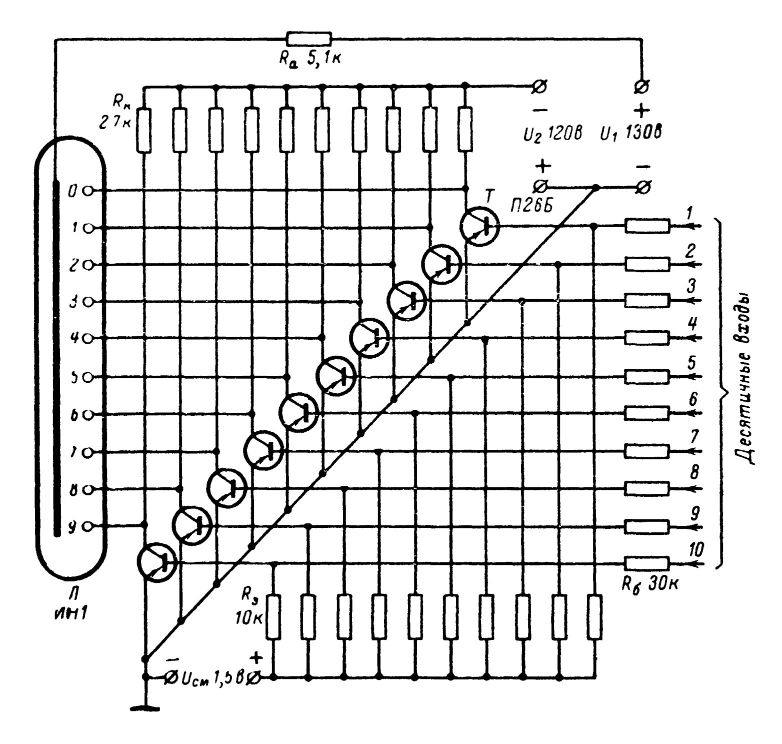


Рис. 37. Схема управления цифровой лампой транзисторами типа *p-n-p*.

реходы типа *p-n-p*, а также учитывая, что при питании от сети экономичность не является основным требованием, то этот способ питания является наиболее приемлемым для осуществления управления цифровой лампой.

Кольцевые коммутаторы. Поскольку кольцевые коммутаторы в данных программирующих часах совмещают в себе и оптические индикаторы, необходимые для визуального контроля, они могут быть выполнены или полностью на приборах с газовым разрядом, например на тиратронах тлеющего разряда, или на потенциальных триггерах в комбинации с газонаполненными приборами (неоно-

выми или цифровыми лампами). Поэтому представляет интерес рассмотреть устройство коммутаторов как первого, так и второго типов.

Кольцевой коммутатор на тиратронах можно построить по схеме, приведенной на рис. 38. Поскольку напряжение, поступающее с обмоток сердечников, недостаточно для непосредственного управления коммутатором, то первый кольцевой коммутатор, управляемый от «делителя частоты 1 : 60», должен иметь усилительный каскад — тиратрон $Л_0$. На управляющую сетку этого тиратрона подано стабилизированное неоновой лампой $Л_н$ постоянное напряжение,

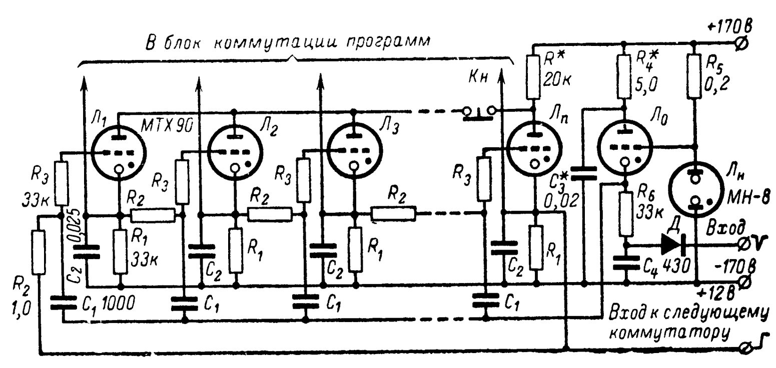


Рис. 38. Схема кольцевого коммутатора на тиратронах тлеющего разряда.

несколько меньшее потенциала гашения тиратрона по управляющей сетке. При поступлении на вход короткого импульса отрицательной полярности с достаточной амплитудой заряжается конденсатор C_4. Напряжение, возникающее между управляющим электродом и катодом тиратрона, по величине несколько больше, чем потенциал зажигания тиратрона по управляющей сетке, зажигает тиратрон. В это время через сопротивление резистора R_6, диод $Д$ и выходную обмотку «делителя частоты 1 : 60» проходит ток, определяемый напряжением на конденсаторе C_3. Как только конденсатор C_3 разрядится, тиратрон $Л_0$ погаснет. Таким образом, тиратрон $Л_0$ усиливает и расширяет по длительности поступающие на вход импульсы, необходимые для управления кольцевым коммутатором.

Анодное питание схемы имеет напряжение, несколько большее, чем потенциал зажигания между анодом и катодом тиратронов. Поэтому при включении питания может одновременно зажечься несколько тиратронов. Зажигание одного тиратрона, необходимое для установления исходного состояния, осуществляется кнопкой *Кн*, при помощи которой разрываются анодные цепи всех тиратронов, за исключением одного. Как только зажигается соответствующий тиратрон, на анодной шине устанавливается напряжение ниже потенциала зажигания тиратронов, и тогда кнопку *Кн* можно отпустить.

Напряжение на пусковом электроде каждого тиратрона коммутатора определяется падением напряжения на сопротивлении в катодной цепи предыдущего. Наиболее высокий потенциал имеет пу-

сковой электрод того тиратрона, который следует за горящим. Поэтому при воздействии положительного импульса на катод тиратрона $Л_0$ вспыхивает именно этот тиратрон. При этом через общее сопротивление резистора R в анодной цепи всех тиратронов протекает дополнительный ток, и потенциал анодов всех тиратронов падает. В это время потенциал катода только что вспыхнувшего тиратрона устанавливается равным потенциалу нулевого провода, а потенциал катода тиратрона, горевшего до этого, оказывается более высоким, так как емкость C_2 сохраняет свой заряд. Поэтому при понижении напряжения на анодах первый тиратрон гаснет, а второй остается горящим.

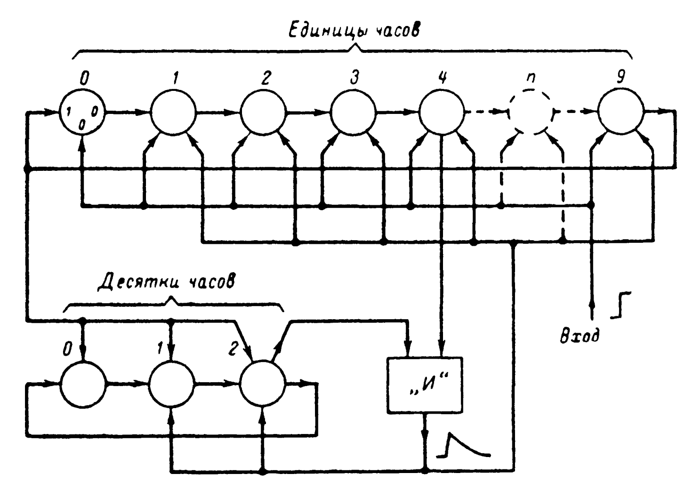


Рис. 39. Функциональная схема кольцевых коммутаторов, отсчитывающих показатели часов.

Таким образом, при поступлении импульсов с катода тиратрона $Л_0$ вспыхивает тиратрон, следующий за горевшим, горевший тиратрон гаснет, а следующий за вспыхнувшим становится наиболее чувствительным к зажиганию.

При построении кольцевых коммутаторов следует иметь в виду, что если коммутаторы десятков минут и единиц минут работают циклически, то коммутаторы, отсчитывающие единицы и десятки часов работают нециклично. Так, коммутатор, отсчитывающий единицы часов, должен в двух циклах осуществлять счет от 0 до 9, то в третьем цикле — только от 0 до 3.

Для осуществления указанной последовательности работы эти два коммутатора должны иметь взаимную связь так, чтобы при их совместной работе обеспечивался бы общий коэффициент счета, равный 24.

Эта взаимная связь между коммутаторами осуществляется схемой «И» так, как показано на рис. 39.

Кольцевые коммутаторы до поступления 23-го часового импульса включительно работают обычным порядком. При поступлении 24-го импульса кольцевые коммутаторы переходят в промежуточное со-

стояние, которое могло бы быть зафиксировано как показание времени, равное 24 *ч*. Однако в это время в действие вступает схема «И». На ее выходе появляется управляющий сигнал, который переключает кольцевые коммутаторы в исходное состояние и последние показывают вместо 24 *ч* — 00 *ч*.

Схема «И» показана на рис. 40. В исходном состоянии конденсатор *С* через резистор R_3 заряжен до напряжения источника питания. Когда на оба входа схемы «И» одновременно с катодов тиратронов четвертой и второй ячеек кольцевых коммутаторов (см. рис. 39) поступят положительные сигналы, то на управляющем электроде тиратрона схемы «И» установится напряжение, достаточное для его зажигания. На резисторе R_5 за счет разряда конденсатора *С* возникнет импульс положительной полярности. Этот импульс, поступая через диоды *Д* на катоды всех тиратронов коммутаторов часов за исключением нулевых, производит гашение горящих тиратронов и зажигание нулевых тиратронов. Благодаря этому устанавливается состояние коммутаторов, соответствующее 00 *ч*.

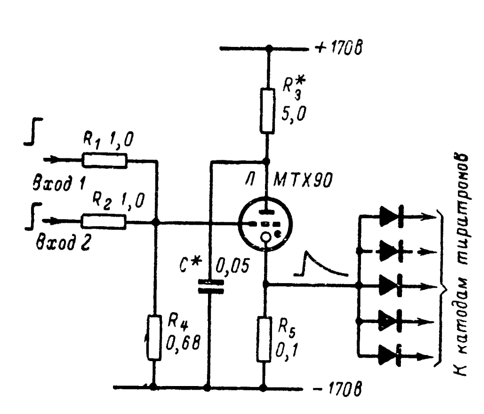


Рис. 40. Схема совпадений «И» на тиратроне тлеющего разряда.

Из тиратронов, выпускаемых промышленностью, наиболее подходящими для применения в кольцевых коммутаторах, являются тиратроны типа МТХ90. Хотя они по сравнению с другими типами имеют несколько больший разброс параметров, однако дают весьма достаточную яркость свечения, что очень важно для индикации.

Кольцевые коммутаторы на триггерах могут быть выполнены либо на основе регистров сдвига, замкнутых в кольцо, либо на основе счетных схем, в которых распределение импульсов в пространстве осуществляется с помощью специальных дешифраторов.

Наибольшее применение находят кольцевые коммутаторы, выполненные на основе счетных схем, потому что такие коммутаторы являются наиболее экономичными как по потребляемой энергии, так и по количеству схемных элементов. Так, например, для коммутатора отсчета единиц минут в первом случае необходимо иметь десять триггеров, тогда как во втором только четыре.

В настоящее время разработано множество различных схем триггеров. Однако все они разделяются на два основных типа — *потенциальные и динамические*.

В *динамическом* триггере на одном из его выходов сигнал появляется только в момент переключения триггера из одного устойчивого состояния в другое, а в *потенциальном* — непрерывно, пока не будет произведено следующее переключение. Поэтому динамические триггеры по потребляемой энергии более экономичны, чем потенци-

альные. Однако в счетных устройствах, осуществляющих индикацию с помощью цифровых ламп, требующих для своего управления непрерывного сигнала, проще использовать триггеры потенциального типа со счетным входом (рис. 41).

В схемах этих триггеров всегда один из транзисторов находится в отпертом состоянии или, как принято называть, в состоянии «0», а другой — в запертом состоянии «1». При поступлении на вход каждого импульса, подлежащего счету, состояние транзисторов будет меняться на обратное: отпертый запрется, а запертый — отопрется. При этом каждый счетный импульс положительной полярности с помощью диодов $Д_1$ или $Д_2$ направляется только на открытый тран-

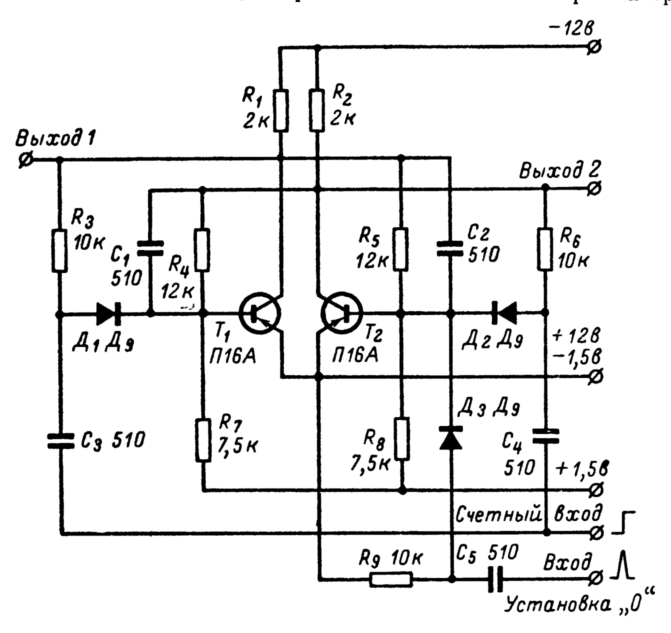


Рис. 41. Принципиальная схема потенциального триггера со счетным входом.

зистор, за счет того, что с коллектора закрытого транзистора подано через резисторы R_3 или R_6 запирающее напряжение на соответствующий диод $Д_1$ или $Д_2$.

Соединяя последовательно триггерные ячейки со счетным входом, можно построить счетчик для подсчета любого числа импульсов. Эти схемы могут также выполнять роль делителей частоты, а при работе совместно с дешифраторами состояний триггеров могут выполнять роль кольцевых коммутаторов и распределителей импульсов.

Известно, что каждая триггерная ячейка может осуществлять счет или деление поступающих на вход импульсов на два. Тогда при последовательном соединении n ячеек общий коэффициент счета составит:

$$N=2^n.$$

Следовательно, для построения десятичного счетчика необходимо иметь четыре триггерные ячейки. Однако такой счетчик будет считать до 16 ($N=2^4=16$). Чтобы осуществить счет до 10, необходимо в счетчик ввести внутренние обратные связи, которые позволили бы снизить коэффициент счета до необходимой величины, равной 10. Осуществить эту операцию можно различными способами, например можно ввести обратную связь с последнего триггера на второй и третий, так как показано на рис. 42 в счетчике единиц минут.

Импульсная обратная связь между триггерами практически возможна потому, что в них имеется некоторое запаздывание между входным импульсом и моментом появления выходного импульса за

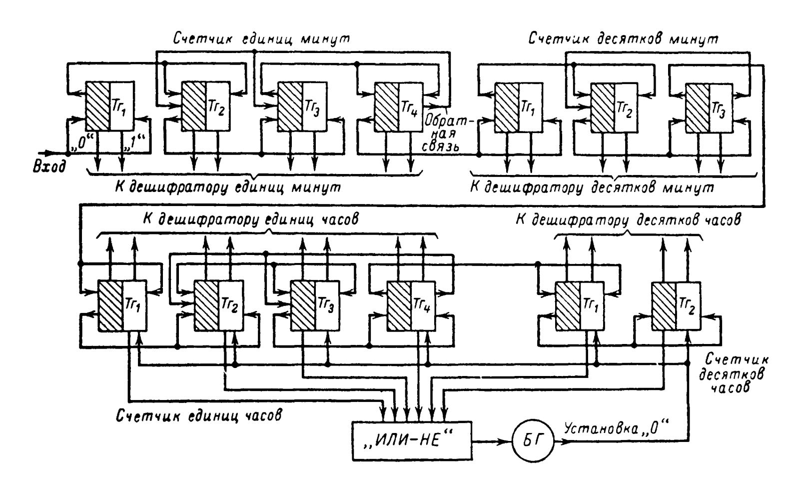


Рис. 42. Схема соединений триггеров кольцевых коммутаторов.

счет инерционности срабатывания триггера. Импульс обратной связи поэтому и может проходить в течение этого момента времени.

При введении обратной связи последовательность работы счетчика меняется (см. табл. 3), так как после поступления на вход схемы восьмого импульса первые три триггера устанавливаются в исходное состояние «0» — «1», а четвертый триггер — в состояние «1» — «0». Возникающий при переключении четвертого триггера на его правом выходе положительный перепад напряжения дифференцируется и затем используется для переключения триггеров $Тг_1$ и $Тг_3$ в состояние «1» — «0». К записанному в счетчике числу «восемь» по цепи обратной связи как бы добавляется число «шесть» (триггеры приходят в такое состояние, в которое они должны были бы переключиться при поступлении 14-го счетного импульса, если бы отсутствовала обратная связь). Далее счет идет обычным порядком и на 10-м счетном импульсе с левого выхода триггера $Тг_4$ выдается импульс для управления последующими устройствами.

Рассмотрим теперь работу устройства, отсчитывающего показание единиц часов, и счетчика, отсчитывающего показание десятков часов (рис. 42).

Таблица 3

Последовательность работы счетчика на 10 при введении обратной связи

Номер счетного импульса	Состояние триггеров							
	$Tг_1$		$Tг_2$		$Tг_3$		$Tг_4$	
0	0	1	0	1	0	1	0	1
1	1	0	0	1	0	1	0	1
2	0	1	1	0	0	1	0	1
3	1	0	1	0	0	1	0	1
4	0	1	0	1	1	0	0	1
5	1	0	0	1	1	0	0	1
6	0	1	1	0	1	0	0	1
7	1	0	1	0	1	0	0	1
8	0	1	0	1	0	1	1	0
Переключение по цепи обратной связи			1	0	1	0		
9	1	0	1	0	1	0	1	0
0	0	1	0	1	0	1	0	1

Как уже упоминалось, работа этих счетчиков должна быть нецикличной. Осуществление этой нецикличности обеспечивается специальным устройством, состоящим из дешифратора и блокинг-генератора *БГ*.

Триггеры счетчиков до поступления 24-го часового импульса включительно работают обычным порядком. Но состояние триггеров, соответствующее 24 *ч*, устанавливается временно. Это состояние триггеров распознается дешифратором и триггеры переключаются в исходное состояние. Индикаторное устройство показывает вместо 24 *ч* — 00 *ч*.

Дешифратор представляет собой логический элемент «ИЛИ—НЕ», имеющий шесть входов и один выход. Каждый вход схемы подсоединен к одному из выходов соответствующего триггера так, как показано на рис. 42. Принципиальная схема «ИЛИ—НЕ» на четыре входа показана на рис. 43. Всегда, когда триггеры находятся в состоянии, не соответствующем 24 *ч*, на один или несколько входов «ИЛИ» поступает управляющее напряжение отрицательной полярности, которое, проходя через диоды, открывает транзистор, выполняющий роль инвертора — схемы «НЕ». Сигнал на выходе схемы «НЕ» отсутствует.

Как только триггеры переключатся в состояние, соответствующее 24 *ч*, ни на один из входов «ИЛИ» не будет поступать управляющий сигнал. Транзистор инвертора запрется и на его выходе появится управляющий сигнал, от которого сработает блокинг-генератор. Последний выдаст импульс положительной полярности для переключения всех триггеров в исходное состояние, и после этого начнется новый цикл работы счетчиков часов.

Рассмотренная счетная схема по существу является преобразователем число-импульсного кода в двоичный, который в параллель-

ном виде может использоваться для вывода показаний текущего времени на печатающие или другие устройства.

Однако для управления индикаторными лампами и программирующими устройствами необходимо двоичный код преобразовать в десятичный. Эта операция осуществляется с помощью дешифратора, который представляет собой набор схем «ИЛИ—НЕ». Число входов в схеме «ИЛИ—НЕ» определяется числом триггеров в счетчике, а количество схем «ИЛИ—НЕ» — числом необходимых выходов с того или иного коммутатора, т. е. коэффициентом счета соответствующего счетчика.

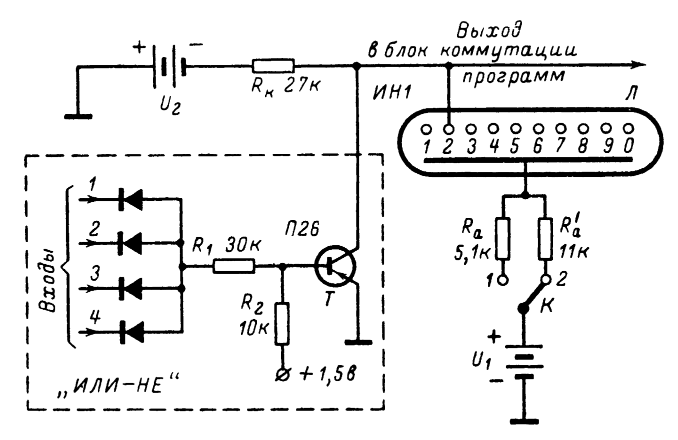


Рис. 43. Схема управления цифровой лампой посредством логического элемента «ИЛИ-НЕ».

Таким образом, в результате объединения счетной схемы с дешифратором образуется коммутатор или распределитель импульсов, распределяющий импульсы во времени и в пространстве по индикаторным лампам.

Применение в качестве дешифраторов двоичного кода схем «ИЛИ—НЕ» хорошо согласуется с принципом, заложенным в управлении индикаторным устройством, показанным на схеме рис. 37. Если вспомнить, что в индикаторном устройстве все управляющие транзисторы, за исключением одного, находятся в отпертом состоянии, то очевидно, что эти транзисторы могут выполнять роль инверторов в схеме «ИЛИ—НЕ».

Управление цифровой лампой от схем «ИЛИ—НЕ» показано на рис. 43. В момент поступления на вход схемы «ИЛИ» кода соответствующего двоичного числа (например, кода цифры *2* единиц минут или часов) сигнал на выходе данной схемы «ИЛИ» будет отсутствовать и, следовательно, транзистор *T* инвертора запрется. Между соответствующим катодом и общим анодным электродом установится напряжение, равное U_1+U_2, в результате которого зажжется цифра *2*. В то же время в других схемах «ИЛИ—НЕ» управляющие транзисторы (инверторы) будут находиться в отпертом состоянии и на катоды ламп будет поступать напряжение, недостаточное для их зажигания.

Следует заметить, что триггеры коммутаторов в процессе счета со стороны схем «ИЛИ—НЕ» будут иметь переменную нагрузку, в особенности триггер $Tг_4$ в счетчиках единиц минут и часов (см табл. 3). Поэтому для триггеров счетчиков единиц минут и часов необходимо предусмотреть усилительные каскады, один из которых показан на рис. 44 При этом следует помнить, что они являются инверторами и поэтому выходы в триггере (см. рис. 41) поменяются местами. Этот же инвертор используется для запуска блокинг-генератора (см рис. 42).

При включении питания триггеры могут устанавливаться в самом произвольном состоянии, в результате чего индикаторное устройство будет показывать неправильно текущее время Для установки истинного текущего времени должна быть предусмотрена кнопка. Этой кнопкой, в случае применения в качестве задающего генератора мультивибратора или *LC*-генератора, изменяется емкость времязадающего конденсатора *С* (см. рис. 23). В случае применения камертонного или кварцевого генератора, у которых частоту в больших пределах изменить невозможно, установка текущего времени осуществляется путем изменения коэффициента деления делителя частоты. Истинное текущее время может быть установлено с точностью до 1 *мин.*

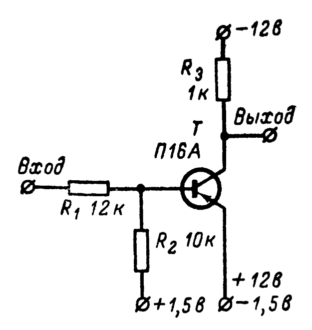


Рис. 44. Схема усилителя выходного сигнала потенциального триггера.

Для удлинения срока службы индикаторных ламп предусмотрен ключ *К* (см. рис. 43), которым устанавливается нормальная яркость свечения только тогда, когда необходимо считывать показание текущего времени, для чего ключ переводится в положение *1*.

Блок коммутации программ предназначен для выбора управляющих сигналов, которые вырабатываются кольцевыми коммутаторами и управляют различными устройствами Выбор управляющих сигналов от каждого кольцевого коммутатора можно осуществить с помощью двух групп переключателей. Первой группой будут выбираться сигналы, определяющие моменты включения, а второй — моменты выключения управляемого устройства.

Очевидно, что выходы каждой группы переключателей должны быть объединены логическим элементом «И», который выдает управляющий сигнал на своем выходе только тогда, когда одновременно на все его входы поступят сигналы со всех кольцевых коммутаторов.

При таком способе выбора управляющих сигналов число переключателей для одного управляемого объекта будет определяться не только количеством кольцевых коммутаторов, но и тем, сколько раз потребуется включить и выключить управляемый объект в течение цикла работы программирующих часов. Поэтому такой способ коммутации программ целесообразно предусматривать для часто меняющихся программ.

В тех случаях, когда программой, устанавливаемой на длительное время, предусматривается многократное включение и выключение управляемого объекта за цикл работы программирующих часов,

выбор управляющих сигналов можно более просто осуществить с помощью кроссировочных проводов, подключаемых между соответствующими выходами кольцевых коммутаторов и входами логических цепочек «И». Выходы последних в свою очередь объединяются логическими элементами «ИЛИ» (собирательные схемы).

По-видимому, в этом случае основой блока коммутации программ будут являться логические элементы, объединенные в соответствии с заданной программой. Принцип построения логической схемы блока коммутации программ рассмотрим на примере управления электрическим звонком, сигнализирующим о начале и конце уроков в школе.

Обычно принятое расписание занятий в школе представлено в табл. 4.

Таблица 4

Расписание уроков в школе

Номер урока	Начало урока	Конец урока	Продолжительность перерыва, *мин*
1	8 *ч* 30 *мин*	9 *ч* 15 *мин*	15
2	9 » 30 »	10 » 15 »	15
3	10 » 30 »	11 » 15 »	20
4	11 » 35 »	12 » 20 »	15
5	12 » 35 »	13 » 20 »	15
6	13 » 35 »	14 » 20 »	Конец занятий

Установим продолжительность звонка порядка 30 *сек*.

Чтобы составить логическую схему осуществления заданного расписания уроков, сделаем анализ этого расписания. Из рассмотрения блок-схемы на рис. 22 известно, что сигнал в блок управления должен поступать только тогда, когда программирующие часы укажут заданное время. Для выполнения этого условия необходимо иметь логический элемент «И», т. е. схему нескольких совпадений. Для часов, представленных блок-схемой на рис. 22, *б* и выполняющих представленное табл. 4 расписание, схема «И» должна иметь три входа: первый — от кольцевого коммутатора отсчета десятков часов ($КОЧ_2$), второй — от кольцевого коммутатора отсчета единиц часов ($КОЧ_1$), третий — от кольцевого коммутатора отсчета десятков минут ($КОМ_2$) и четвертый — от кольцевого коммутатора отсчета единиц минут ($КОМ_1$).

Сколько же схем «И» необходимо иметь для данного расписания? Можно сказать, что для подачи звонка о начале уроков необходимо иметь шесть схем «$И_н$» и такое же количество схем «$И_к$» для подачи звонка о конце уроков (индексы «н» и «к» означают начало и конец уроков), т. е. всего 12 схем «И». При построении схем «И» на диодах, объединяемых общей схемой «ИЛИ», потребуется $4 \times 12 + 12 = 60$ диодов.

При детальном анализе расписания уроков, например, рассматривая подачу звонков о начале уроков, можно заметить, что первые три урока в части минут имеют периодическую повторяемость, т. е. все они начинаются при одном и том же значении минут. Однако

если первый и второй урок начинаются в первом десятке часов, то третий — только во втором. Следовательно, для определения десятков часов для первых трех уроков необходимо предусмотреть две схемы совпадения: для первого десятка часов схему «$И_{н1}$» и для второго — «$И_{н2}$». При этом единицы первого десятка часов должны быть объединены схемой «$ИЛИ_{н1}$». Затем выходы «$И_{н1}$» и «$И_{н2}$» можно объединить схемой «$ИЛИ_{н2}$». Последнее будет означать, что звонок должен подаваться или в 08, или в 09, или в 10 *ч*. Далее выход схемы «$ИЛИ_{н2}$» должны объединить со схемой совпадений единиц и десятков минут «$И_{н3}$» для времени, соответствующему 30 *мин*.

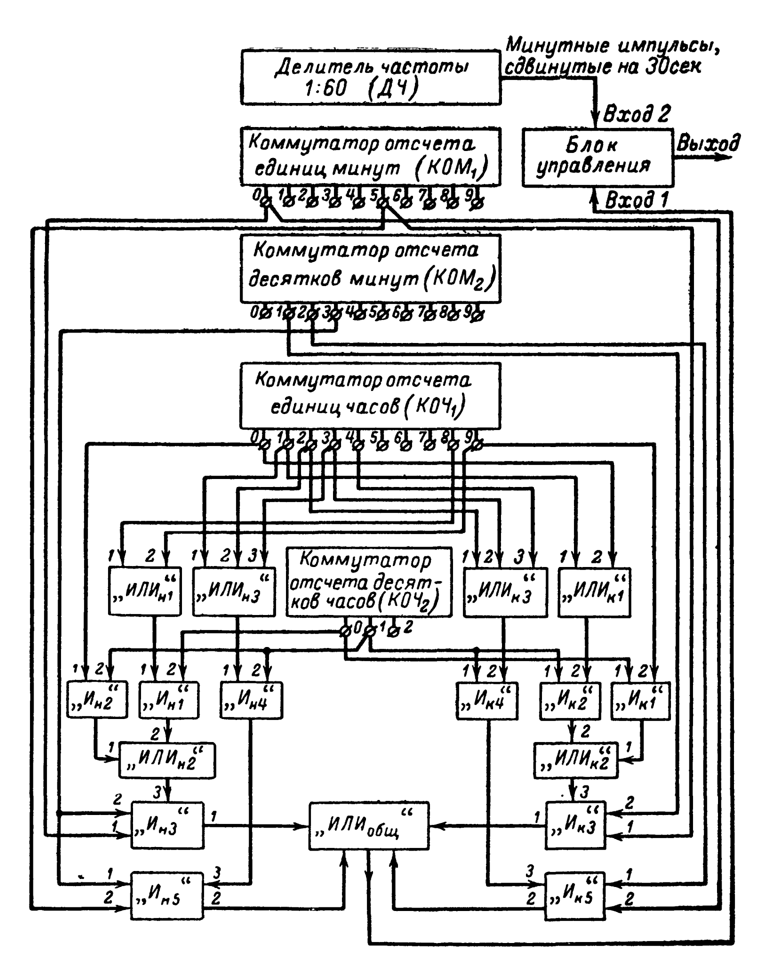


Рис. 45. Блок-схема программирования подачи звонков о начале и конце уроков в школе.

Анализируя последние три урока, можем заметить лучшую повторяемость, потому что все уроки начинаются при одном и том же значении минут и в одном и том же втором десятке часов. Следовательно, единицы часов можно объединить одной схемой «$ИЛИ_{н3}$» и затем с десятком часов схемой «$И_{н4}$» Далее выход «$И_{н4}$» должен объединиться со схемой совпадения «$И_{н5}$» единиц и десятков минут для времени, соответствующего 35 *мин.*

Выходы схем «$И_{н3}$» и «$И_{н5}$» объединяются в общей собирательной схеме «$ИЛИ_{общ}$».

Аналогично рассмотренному нетрудно составить логическую схему управления звонком, сигнализирующим конец каждого заданного урока.

На основе этих рассуждений можно построить блок-схему соединений логических элементов для заданной программы, приведенную на рис. 45. Для данной схемы потребуется 40 диодов, т. е. на 34% меньше, чем для первого рассмотренного варианта.

Используя приведенные выше рассуждения, можно и далее внести некоторые упрощения в схему, однако сделать это уже нелегко, так как рассуждения становятся более сложными. В этих случаях целесообразно прибегнуть к математическому аппарату, называемому алгеброй переключающих или релейных схем.

Принципиальная схема соединения одной части логических элементов подачи звонка начала первых трех уроков показана на рис. 46. Она рассчитана для управления отрицательным напряжением, поступающим с коллекторов транзисторов, управляющих зажиганием цифровой лампы (см. рис. 43).

Допустим, что на оба входа «$ИЛИ_{н1}$» схемы на рис. 46 сигналы не поступают. Тогда транзистор T_1 заперт. Выход схемы «$И_{н1}$» зашунтирован низкоомным сопротивлением резистора R_2 эмиттерного повторителя на транзисторе T_1. Если также сигналы отсутствуют и на любом из входов *1* и *2* схемы «$И_{н2}$», то ее выход будет зашунтирован через любой из диодов $Д_1$ или $Д_2$ выходным сопротивлением устройства, подключенного ко входу этой схемы (открытыми транзисторами индикаторного устройства). Аналогично рассмотренному будет зашунтирован выход схемы «$И_{н3}$», в результате чего сигнал на выходе схемы «$ИЛИ_{общ}$» будет отсутствовать.

Как только на цифровом индикаторе в разряде десятков часов загорится цифра 0, так на соответствующем выходе индикаторного устройства (см. рис. 37, а также рис. 43) появится управляющее напряжение отрицательной полярности, которое закроет диод $Д_4$ схемы «$И_{н1}$». Тем самым схема «$И_{н1}$» будет подготовленной по входу *2*.

В момент загорания в разряде единиц часов цифры 8 с индикаторного устройства поступит управляющий сигнал на вход *1* схемы «$ИЛИ_{н1}$». Этот сигнал, пройдя через диод $Д_5$ и резистор R_3, отопрет транзистор T_1. Появившееся напряжение на резисторе R_2 закроет диод $Д_5$. На выходе схемы «$И_{н1}$» от источника — 12 *в* появится управляющий сигнал, который, пройдя через диод $Д_8$ схемы «$ИЛИ_{н2}$», отопрет транзистор T_2. Напряжение, появившееся на R_6, закроет диод $Д_9$ схемы «$И_{н3}$». При загорании на цифровом табло цифр 30 *мин* в схеме «$И_{н3}$» закрываются остальные два диода $Д_{10}$ и $Д_{11}$. На выходе «$И_{н3}$» от источника — 12 *в* появится управляющий сигнал, который, пройдя через схему «$ИЛИ_{общ}$», поступит на вход *1* блока управления (см. рис 45), и последний включит звуковую сигнализацию. Через 30 *сек* в блок управления с делителя частоты на

вход *2* (см. рис. 45) будет подан сигнал, определяющий подачу конца звонка.

Импульс, определяющий конец подачи звонка, снимается с сердечника *3* второго регистра делителя частоты 1 : 60 (см. рис. 32).

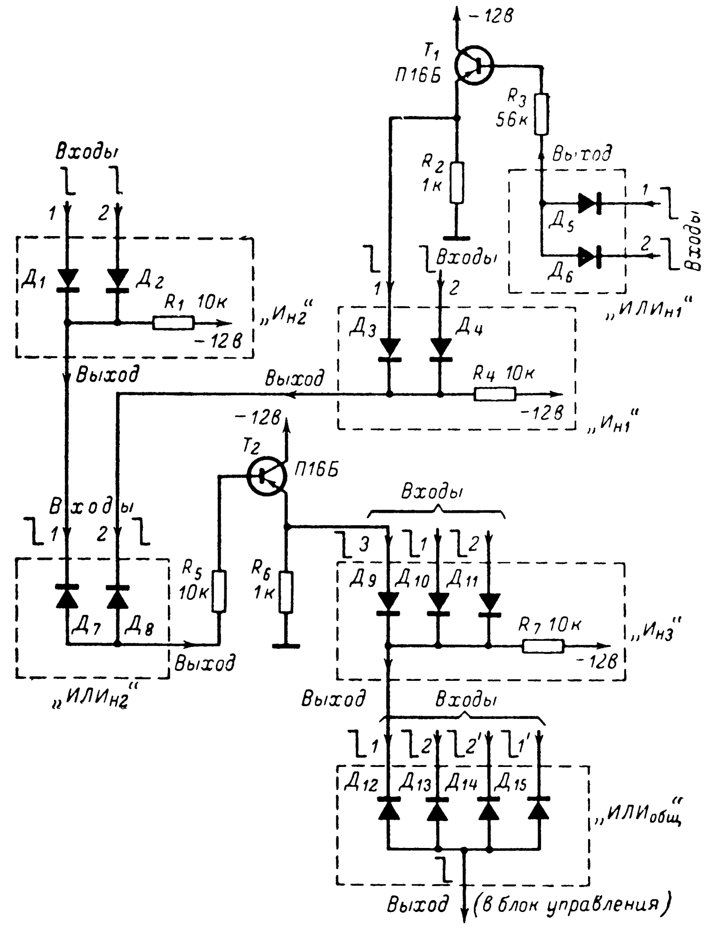


Рис. 46. Принципиальная схема соединений логических элементов (схем «ИЛИ» и «И») блока коммутации программ.

Этот импульс по существу является также минутным импульсом, только он сдвинут на 30 *сек* по отношению к импульсу, поступающему на коммутатор отсчета единиц минут.

Блок управления, предназначенный для обеспечения питанием управляемого объекта, должен включать в себя устройство с несколь-

кими устойчивыми состояниями и устройство, обеспечивающее коммутацию цепей с большим потреблением энергии.

Для конкретного примера — звуковой сигнализации — в качестве первого устройства блока управления применен триггер, а в качестве второго — магнитно-транзисторный выключатель.

Схема блока управления показана на рис. 47 В этой схеме транзистор T_1 служит для усиления по напряжению импульсов, поступающих с выхода схемы «ИЛИ$_{общ}$» (см. рис. 46). Транзисторы T_2 и T_3 относятся к триггеру; в исходном состоянии транзистор T_3. заперт, а T_2 — отперт.

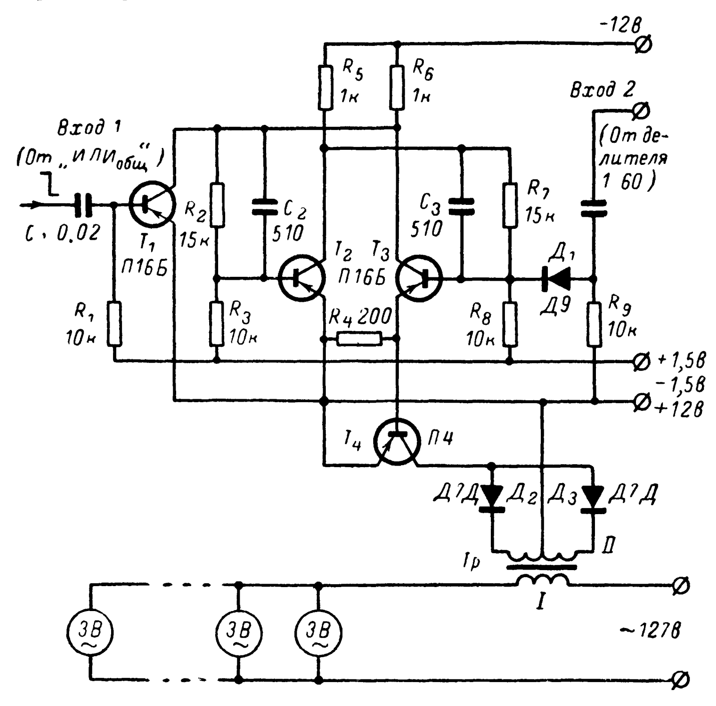


Рис. 47. Принципиальная схема блока управления.

Магнитно-транзисторный выключатель (рис. 47) состоит из трансформатора *Тр* и мощного транзистора T_4, база которого включена последовательно с эмиттером транзистора T_3. Схема выключателя работает следующим образом. Если последовательно с нагрузкой, являющейся управляемым объектом и питаемой от переменного тока, включить трансформатор, работающий на холостом ходу с большим коэффициентом индуктивности, то ток, протекающий через первичную обмотку трансформатора и нагрузку, составит весьма малую величину и будет в основном определяться индуктивным сопротивлением трансформатора. Если же вторичную обмотку трансформатора *Тр*

замкнуть накоротко, то индуктивное сопротивление трансформатора уменьшится и ток резко возрастет. Роль шунта выполняет мощный транзистор типа П4, который в исходном состоянии заперт. При поступлении сигнала на *Вход 1* срабатывает триггер — транзистор T_2 запирается, а T_3 отпирается. Транзистор T_3 в свою очередь отпирает транзистор T_4, который шунтирует через диоды $Д_2$ и $Д_3$ соответствующие вторичные обмотки трансформатора *Тр*.

Максимальная коммутируемая мощность магнитно-транзисторного выключателя определяется коммутирующей способностью транзистора T_4. Последняя в свою очередь определяется максимально до-

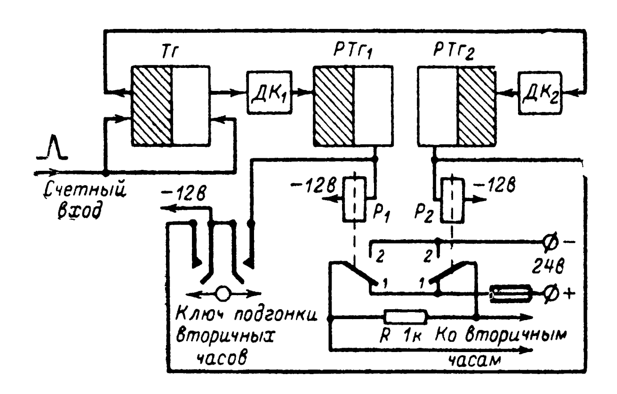


Рис. 48. Блок-схема датчиков секундных и минутных импульсов для вторичных часов и других устройств, регистрирующих и отсчитывающих время.

пустимой амплитудой переменного напряжения между коллектором и эмиттером запертого транзистора и максимально допустимым током коллектора отпертого транзистора. Так как транзисторы изготавливаются промышленностью, как правило, низковольтными, то трансформатор должен быть понижающим (по отношению к половине вторичной обмотки) и при применении транзисторов типа П4 и напряжении питающей сети 127 *в* коэффициент трансформации должен быть не менее 3,5, а максимально коммутируемая мощность не должна превышать 100 *вт*. В данной схеме ток, протекающий через базу транзистора T_4, обеспечивает коммутацию мощности не более 10—15 *вт*.

Датчики минутных и секундных импульсов служат: первые — для посылки ежеминутно импульсов тока с чередующейся полярностью длительностью порядка 2 *сек* в цепь вторичных часов и других приборов, вторые — для посылки ежесекундно импульсов тока с чередующейся полярностью длительностью порядка 0,5—0,7 *сек* по специальной линии во вторичные часы и другие приборы, имеющие секундный отсчет времени.

Блок-схема датчиков приведена на рис. 48. Она состоит из триггера *Тг* со счетным входом (управляющие импульсы поступают одновременно на оба входа триггера), дифференцирующих цепей с диодами $ДК_1$, $ДК_2$, реактивных триггеров $РТг_1$ и $РТг_2$ (триггеры

с одним устойчивым состоянием), реле P_1 и P_2 (типа РСМ), коммутирующих ток во вторичных часах, и ключа подгонки вторичных часов. Последний служит для ручной подачи импульсов во вторичные часы.

При поступлении на счетный вход импульсов триггер каждый раз срабатывает и поочередно распределяет их через дифференцирующие цепи в реактивные триггеры $РТг_1$ и $РТг_2$. Допустим, что сработал триггер $РТг_1$. Тогда включенное в цепь коллектора транзистора реле P_1 притянет свой якорь и в линию вторичных часов будет послан импульс положительной полярности длительностью, определяемой реактивным триггером. При срабатывании триггера $РТг_2$ сработает реле P_2 и пошлет в линию часов импульс отрицательной полярности. Резистор R служит для предохранения контактов реле от вредного влияния токов, возникающих в цепи линии часов за счет индуктивности, создаваемой обмотками электромагнитов вторичных часов.

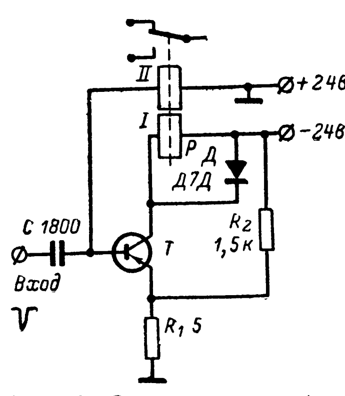


Рис. 49. Схема ждущего блокинг-генератора, управляющего электромагнитным реле.

В реактивном триггере емкость конденсатора, определяющая длительность генерируемого импульса для датчика секундных импульсов, должна составлять около 2,5 *мкф,* а для датчика минутных импульсов — около 10 *мкф.*

Вместо реактивного триггера можно также рекомендовать обычную схему ждущего блокинг-генератора, у которого роль трансформатора выполняет само реле (рис. 49). С контактов реле такой схемы можно получить импульсы длительностью порядка 300—400 *мсек* (с учетом замедления отпускания якоря реле, создаваемого шунтирующим диодом *Д*).

В подобной схеме, как правило, могут работать почти все двухобмоточные реле, например типа РКМ, с числом витков и сопротивлениями обмоток *I* — 6 000, 550 *ом* и *II* — 6 100, 400 *ом*. Более хорошие результаты работы (в отношении удлинения длительности генерируемых импульсов) получаются, если число витков первой обмотки уменьшить так, чтобы ее сопротивление составило около 250 *ом*.

Достоинством такой схемы перед реактивным триггером являются простота, малое число схемных элементов и малое потребление энергии от источника питания; недостаток схемы — сравнительно малая длительность генерируемых импульсов

Вывод информации о текущем времени можно осуществлять не только в виде секундных или минутных импульсов на вторичные часы, но и в двоично-десятичной форме на печатающие или другие устройства. Такой вывод информации легко можно осуществить при построении кольцевых коммутаторов на основе счетных схем.

Информация о текущем времени в двоично-десятичной форме выводится с помощью схемы вывода информации, показанной на рис. 50.

При поступлении импульса запроса о выводе информации срабатывает триггер *Тг* От минутных импульсов непрерывно работает реактивный триггер *РТг*. Этот триггер задерживает минутный импульс на время (около 100 *мксек*), достаточное для установления во всех счетчиках переходных процессов. Задержанный импульс проходит через схему «ЗАПРЕТ» и возвращает григгер *Тг* в исходное состояние Отрицательным перепадом, возникающим на выходе триггера *Тг*, открывается общий транзистор *Т*, который подключает питание к выходным транзисторам T_1—Tn.

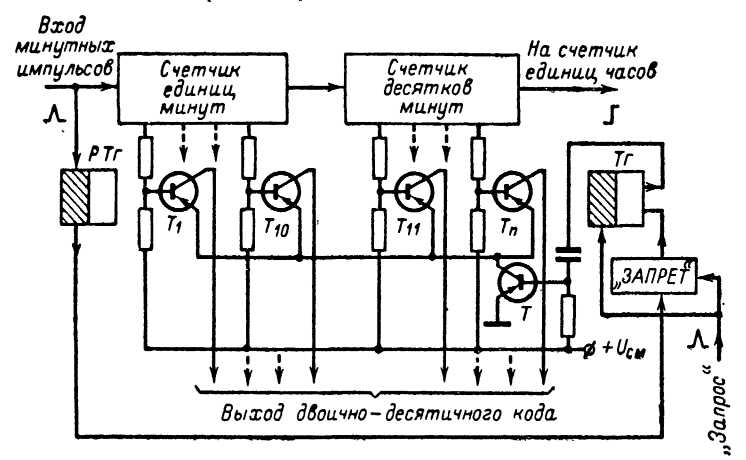


Рис. 50. Схема вывода информации о текущем времени в двоично-десятичной форме.

В зависимости от состояния триггеров счетчиков будут отперты соответствующие выходные гранзисторы, на выходе которых возникнут импульсы тока, необходимые для приведения в действие печатающих или других устройств При этом надо иметь в виду, что недостающий двоичный разряд в счетчике десятков минут и два двоичных разряда в счетчике десятков часов в соответствии с табл. 3 должны образовываться искусственно с помощью диодов.

Схема «ЗАПРЕТ» служит для того, чтобы исключить возможность пропуска импульса запроса тогда, когда он поступит одновременно с задержанным импульсом, вырабатываемым реактивным триггером. Если эти импульсы поступят одновременно, то импульсом запроса в схеме «ЗАПРЕТ» закроется прохождение импульса, подаваемого с реактивного триггера. В этом случае возврат триггера *Тг* и, следовательно, опрос состояния григгеров счетчиков произойдет при следующем срабатывании триггера *РТг*.

Конструкция, монтаж и методика налаживания электронных программирующих часов

Конструктивно электронные программирующие часы можно оформить в виде шкафчика с наружными размерами порядка 445×
×285×175 *мм*, который можно устанавливать на столе или подве-

шивать на стене. Боковые стенки шкафчика изготавливаются из фанеры толщиной 3—4 *мм*; переднюю панель целесообразно сделать из полированного гетинакса толщиной 6 *мм*.

В верхней части шкафчика делается отсек, закрываемый с передней стороны крышкой, в котором устанавливаются переключатели программы и прочие органы управления часами. В передней панели просверливаются отверстия диаметром, соответствующим диаметру применяемых газоразрядных приборов. Внутри шкафчика размещаются отдельные узлы электронных программирующих часов, которые крепятся на общем шасси рамочной конструкции.

Монтаж схемы следует делать на отдельных, съемных гетинаксовых платах толщиной 3 *мм* и размером 275×150 *мм*. Для их крепления внутри шкафчика на боковых стенках делаются пазы, в которые вставляются платы. Платы соединяются с общей схемой при помощи стандартных разъемов. Количество плат будет определяться выбранным способом индикации, а также типами индикаторных приборов и элементов схем.

Для крепления деталей и монтажных проводов в платы набиваются штифты аналогично тому, как это было сделано в устройствах, описанных в гл. 1. Для этого необходимо предварительно составить монтажные схемы для каждого блока по приведенным выше принципиальным схемам.

Особых требований к монтажу схем не предъявляется, и монтаж может выполняться, где это необходимо, в виде жгутов.

Все детали, устанавливаемые в схему, необходимо проверить на исправность, а также на соответствие их параметров, необходимым для данных схем. У транзисторов проверяются: 1) обратный ток коллектора $I_{к0}$ (для всех случаев применения) и обратный ток эмиттера $I_{э0}$ (при применении в мультивибраторах, реактивных триггерах и блокинг-генераторах); токи $I_{к0}$ и $I_{э0}$ у транзисторов типов П13—П16 при 20 *в* не должны превышать 80—100 *мка*; 2) коэффициент усиления транзистора в схеме с общим эмиттером. Следует заметить, что в описанных устройствах там, где нет на схеме указания на тип транзистора, можно применить любой из упомянутых выше типов.

Применяемые в магнитных регистрах сдвига диоды должны обеспечивать прямой ток не менее 12—15 *ма* при напряжении 1 *в*.

У ферритовых сердечников следует проверять петлю гистерезиса в импульсном режиме, прямоугольность которой оценивается отношением полезного сигнала, возникающего в обмотке сердечника при пропускании импульсов тока разных полярностей, к помехе, возникающей при пропускании импульсов тока одной полярности. Отношение полезного сигнала к помехе должно быть не менее 15.

У газоразрядных приборов проверяют потенциал зажигания $U_з$ и потенциал гашения $U_г$. Нужно отметить, что потенциалы зажигания и гашения газоразрядного прибора в первые часы его работы могут изменяться на 10—20%. Чтобы уменьшить эти изменения, газоразрядные приборы необходимо подвергнуть предварительной формовке постоянным напряжением. Формовка заключается в том, что газоразрядный прибор через ограничительное сопротивление подключают на 20—30 *ч* к источнику постоянного напряжения, большего, чем потенциал зажигания. Тиратроны формуются несколько иначе: сначала формуется промежуток «управляющий электрод — катод», а потом «анод — катод». После формовки проверяются потенциалы зажигания и гашения по схеме, приведенной на рис. 51, *а*. Анод неоно-

вой лампы, или управляющий электрод, или анод тиратрона подключается к зажиму *А*, а катод — к зажиму *К*. Изменяя напряжение потенциометром R_2, определяют по вольтметру и свечению газоразрядного прибора $U_з$ и $U_г$.

По этой же схеме можно снять вольт-амперную характеристику газоразрядного прибора, вид которой представлен на рис. 51, *б*. Чем шире заштрихованная область, тем выше надежность работы прибора в качестве переключающего элемента при изменении питающих напряжений. Минимальная величина заштрихованной области для неоновых ламп и тиратронов, включаемых по схеме «управляющий электрод — катод», должна составлять не менее 5 *в*, а для тиратронов, испытываемых по схеме «анод — катод», — не менее 30 *в*.

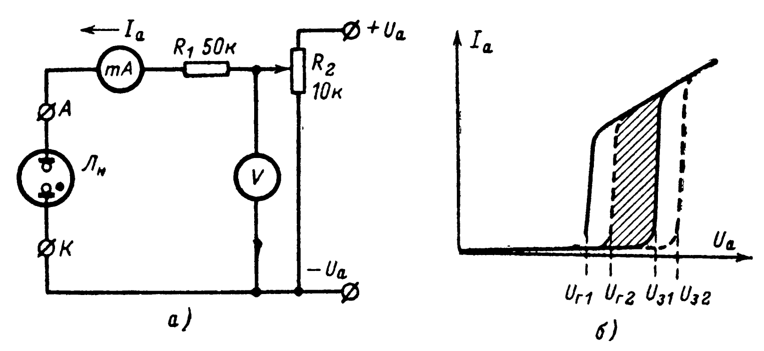


Рис. 51. Газоразрядные приборы.

а — схема измерения основных параметров; *б* — вольт-амперная характеристика.

Данные обмоток сердечников и трансформаторов приведены в табл. 5.

После установки всех деталей и проверки правильности монтажа плат и соединений можно приступить к наладке схемы.

При наладке некоторых блоков придется встретиться с трудностью наблюдения на осциллографе микросекундных импульсов управления для схем на неоновых лампах и тиратронах, работающих с весьма низкой частотой повторения. Для этого рекомендуется подобные блоки настраивать в два этапа.

На первом этапе настройки каждый блок налаживается отдельно при частоте повторения импульсов порядка 700—800 *гц*. При таких частотах можно на любом типе осциллографа просматривать цикл работы как делителей частоты, так и кольцевых коммутаторов.

В первую очередь настраивается задающий генератор-мультивибратор (см. рис. 23). Нажав кнопку *Кн* и подбирая емкость конденсаторов C, C', устанавливают частоту мультивибратора порядка 700—800 *гц* (движок потенциометра R_2 необходимо установить в среднее положение). При отпущенной кнопке *Кн* подбором емкостей C_1, C_1' частота мультивибратора устанавливается равной 72 *гц*. Затем, вращая ручку потенциометра R_2, измеряют пределы изменений частоты. Последние должны составлять 2—3 *гц*. Подбором соп-

Таблица 5

Моточные данные трансформаторов

Обозначение	Материал	Число витков в обмотках				
		1	2	3	4	5
	Делитель частоты: 1:72 (рис. 31)					
1—8, 10—16	Феррит марки Л-2: $d_н$= =4 *мм*; $d_{вн}$ =2,5 *мм*; *h*=1,5 *мм*	30	70	8	1	—
9, 17	То же	30	70	8	1	30
Тр	Оксифер: μ=2 000; $d_н$= =12 *мм*; $d_{вн}$=5 *мм*; *h*=5 *мм*	60	20	60		
	Делитель частоты 1:60 (рис. 32)					
1—9, 11—15	Феррит марки Л-2: $d_н$ = =4 *мм*, $d_{вн}$=2,5 *мм*; *h*=1,5 *мм*	30	70	8	1	—
10, 16	То же	30	70	8	1	30
$Тр_1$, $Тр_2$ ($БГ_1$, $БГ_2$)	Оксифер: μ=2 000; $d_н$ = =12 *мм*; $d_{вн}$ = 5 *мм*; *h*=5 *мм*	60	20	60	—	—

ротивления резистора R_3 эти пределы можно изменять в широком диапазоне.

Частоту мультивибратора, равную 700—800 *гц* (генерируемую при нажатой кнопке), используем для раздельной настройки последующих блоков.

Настройку делителей и кольцевых коммутаторов следует начинать с проверки работы блокинг-генераторов, управляемых от мультивибратора. При выключенной управляющей частоте транзистор блокинг-генератора должен быть надежно закрыт. Если же в этом случае будут наблюдаться срывы блокинг-генератора, то необходимо или сменить транзистор, или увеличить величину смещения за счет изменения сопротивления резисторов R_1 или R_2 (см. рис. 31).

Ток импульса, генерируемый блокинг-генератором и измеряемый на резисторе R_3, равном 1 *ом* (см. рис. 31), при напряжении питания 12 *в* должен быть порядка 0,5—0,7 *а*. Амплитуда тока зависит от коэффициента усиления транзистора T_1 и емкости конденсатора C_1. Необходимо обратить внимание на длительность импульса, генерируемого блокинг-генератором. Она должна быть порядка 10—15 *мксек*.

Далее проверяют работу регистров сдвига, замкнутых в кольцо. Наблюдая на осциллографе, подключенном к любому из конденсаторов цепи задержки, добиваемся того, чтобы в регистр кнопкой записи *Кн* (см. рис. 31) записывалась только одна «1».

Перед каждым нажатием кнопки необходимо стирать предыдущую запись, последнее осуществляется путем короткого замыкания любой из обмоток сердечника. Если же информация не стирается или при записи записывается не одна, а больше «1», необходимо увеличить сопротивление, включенное последовательно в ключевую

цепь каждого кольца регистра сдвига (на схеме рис. 31 резисторов R_6 и R_7).

При нормальной работе регистра, например, состоящего из девяти магнитных элементов, на осциллографе должны быть видны один сигнальный импульс и восемь импульсов помех (см. рис. 30). Отношение полезного сигнала к помехе должно быть не менее 7—8. После этого проверяем надежность работы регистра при изменении напряжения источника питания в пределах ±25%.

После раздельной настройки каждого блока переходим к проверке работы всего устройства в целом также на частоте 700—800 *гц*. В этом случае вся настройка сводится к подбору емкостей переходных конденсаторов, осуществляющих запуск блокинг-генераторов, триггеров и т. д.

Наладка кольцевых коммутаторов на тиратронах тлеющего разряда заключается в выборе необходимого режима тиратронов, который обычно выбирается следующим образом:

1. Напряжение, подаваемое на анод, должно быть больше потенциала зажигания промежутка анод — катод при отсутствии вспомогательного разряда

2. На зажигающий электрод подается положительный импульс такой амплитуды и длительности, чтобы вызвать вспомогательный разряд между катодом и зажигающим электродом.

3. Ток вспомогательного разряда (через управляющий электрод) должен быть достаточен для того, чтобы снизить потенциал зажигания по аноду ниже величины анодного напряжения. При таком режиме работы разряд перебрасывается на основной промежуток и вызывает появление тока в анодной цепи.

Ориентировочно для тиратронов типа МТХ90 потенциал зажигания между управляющим электродом и катодом составляет 75 *в*, а между анодом и катодом — 200 *в*; потенциал гашения между управляющим электродом и катодом 45 *в*, а между анодом и катодом 55 *в*.

Источники питания следует выбирать с малым внутренним сопротивлением. Батарейные источники питания необходимо шунтировать конденсатором емкостью порядка 1 000 *мкф*, для того чтобы импульсные колебания напряжения, наблюдаемые на подключенном параллельно источнику питания осциллографе, составляли не более 3—5%.

Мощность, потребляемая устройством от источника питания (без блока управления), составляет не более 10 *вт*. Допустимые колебания напряжения источника питания при температуре от 0 до 50° С составляют около ±10%.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ НА РАССТОЯНИИ

Принципы управления на расстоянии

В последние годы в энергетике, промышленности, на транспорте, в сельском хозяйстве и других областях народного хозяйства все более широкое распространение находит техника управления и измерения на расстоянии — телемеханика. Она становится основой

управления почти каждого крупного предприятия, каждого нового технического сооружения.

Нужда в устройствах управления на расстоянии теперь особенно возросла и в связи с развитием ядерной энергетики, запуском космических ракет и т. д. стала насущной потребностью.

Без специальной телеавтоматической аппаратуры невозможно было бы вывести с высокой точностью на заданную траекторию космические ракеты, запущенные в Советском Союзе.

Устройства телемеханики имеют дело с сигналами, передающими необходимую для управления на расстоянии информацию по каналу связи. Поэтому в телемеханике очень важным звеном является канал связи.

При передаче сигналов телемеханики приходится решать те же задачи, что и при передаче сигналов телефонии или телеграфии. Этими общими для техники связи задачами являются эффективность и надежность связи, т. е. передача наибольшего количества информации наиболее экономичным способом при наименьших искажениях, обусловленных влиянием помех, вносимых каналом связи (см. рис. 1), или другими причинами.

Необходимо отметить, что между телемеханикой, телефонией и телеграфией существует много сходных черт и что ряд технических решений устройств связи находит непосредственное применение в области телемеханики.

Если в телефонии или телеграфии обмен сигналами происходит обычно между людьми, находящимися на обоих концах канала связи, то в телемеханике обмен сигналами происходит между автоматами или между автоматом и человеком. Эта особенность повышает требования к надежности передачи сигналов телемеханики и заставляет различать непрохождение сигналов от получения ложной команды, тогда как в телеграфии, например, пропуск буквы или появление другой буквы расценивается одинаково как ошибка.

В практике применения телемеханики управляемые на расстоянии объекты, в том числе и радиолюбительские движущиеся модели, как правило, должны выполнять множество подчас весьма сложных операций. Управлять каждой из этих операций, конечно, проще всего было бы посредством индивидуальных линий связи, предназначенных для подачи только одной команды. Принцип осуществления такого управления вполне ясен. Однако подобное использование аппаратуры и линий связи совершенно нецелесообразно, а иногда и вовсе технически неосуществимо.

Имеются два основных принципа передачи по одной линии нескольких команд.

Первый принцип передачи по одной линии связи нескольких команд состоит в том, что если передаваемым сигналам придать различные отличительные качества, например полярность, амплитуду, продолжительность и др., или при передаче импульсных сигналов ввести числовые качества, то такими сигналами становится возможным по одной линии осуществлять передачу нескольких команд (рис. 52). Например, при применении полярных качеств в простейшем случае можно по одной линии передавать три команды. Допустим, ток выключен — двигатель модели выключен; ток включен положительного направления — модель движется вперед; ток включен отрицательного направления — модель движется назад.

Полярные качества сигналов управления являются удобными и надежными, однако область их применения весьма ограничена,

так как использоваться они могут исключительно в установках, работающих по проводной линии связи. Применительно к радиолинии это качество может быть использовано лишь в случае наличия двух каналов связи, когда одному каналу будет соответствовать отрицательное направление, а второму — положительное

При применении амплитудных качеств число передаваемых команд может быть неограниченным В этом случае каждой передаваемой команде соответствует определенная величина амплитуды тока, напряжения, мощности и т п., смену которых в простейшем виде можно производить изменением величины добавочного сопротивления. К тому же передачу подобных качеств можно производить по любой линии связи.

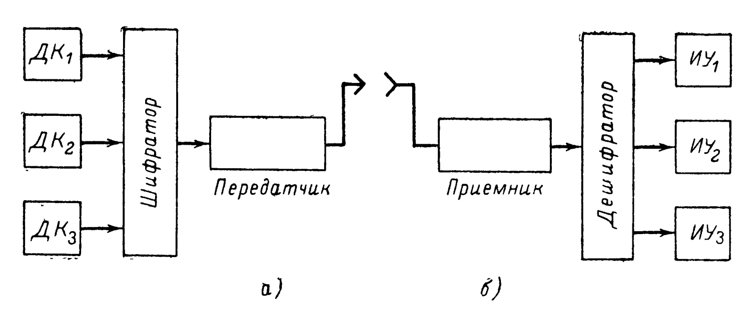


Рис. 52. Блок-схема многокомандной аппаратуры управления по одному каналу связи.

а — передающее устройство; *б* — приемное устройство; *ДК* — датчик команд; *ИУ* — исполнительное устройство

Однако практически осуществить этот способ трудно из-за наличия случайных и периодических изменений параметров линии связи, особенно радиолиний. Действительно, если, например, появится замирание радиосигнала (фединг) или изменится сопротивление или утечка в проводной линии связи, то это, естественно, на приемном конце будет воспринято как прием ложной команды.

Простейшим видом системы управления, основанной на применении числовых качеств, является так называемый «число-импульсный код». При этом виде кодирования число посылаемых передатчиком командных импульсов определяет команду. Так, например, команды могут быть закодированы следующим образом (рис. 53):

Двигатель включен	1 импульс
Двигатель выключен . . .	2 импульса
Руль отклонен вправо . . .	3 »
Руль прямо	4 »
Руль отклонен влево	5 импульсов и т. д.

Если потребуется большее число команд, то число импульсов должно быть соответственно увеличено.

При передаче число-импульсным кодом интервалы между импульсами должны быть равны или несколько больше продолжи-

тельности самих командных импульсов. Что касается интервалов между посылками двух кодов, то первые должны иметь такую продолжительность, чтобы декодирующее устройство могло «знать», что предыдущая команда уже передана, т. е. продолжительность интервалов между кодами должна быть в несколько раз длиннее продолжительности интервалов в кодах. Если это требование не будет выполнено, то декодирующее устройство не сможет четко раскодировать команды и будут наблюдаться ложные срабатывания.

Следует отметить, что числовые качества заимствованы из техники автоматических телефонных станций. В отношении применяемости к различным каналам связи для управления по радио движу-

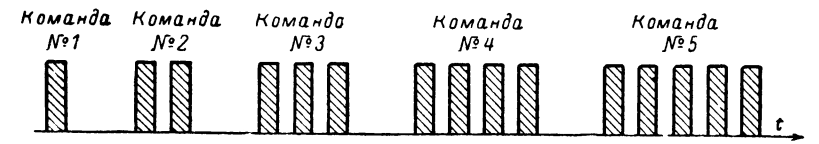


Рис. 53. Число-импульсный код.

щимися моделями они являются наиболее универсальными и наиболее употребительными в радиолюбительской практике.

Примером кодирующего устройства, посылающего командный сигнал в виде число-импульсного кода, является номеронабиратель телефонных аппаратов. В этом случае он выполняет две функции: и кодирующего устройства и пульта управления.

В качестве декодирующего устройства при число-импульсном коде радиолюбителями обычно используются шаговые распределители.

Блок-схема многокомандной аппаратуры радиоуправления (электромеханический вариант), использующая число-импульсный код, показана на рис. 54. Передатчик посылает командные импульсы (см. рис. 53). Как только приемник примет сигналы передатчика, срабатывает чувствительное реле *Р*, включенное на его выходе. Контакты реле замыкают цепь электромагнита *ЭМ* шагового распределителя. При одном командном импульсе (при одном нажатии ключа передатчика) контактная щетка шагового распределителя передвигается с нулевого на первый контакт и включает первое исполнительное устройство $ИУ_1$, соответствующее первой команде При двух импульсах щетка перейдет на второй контакт и включит второе исполнительное устройство и т. д Обойдя последовательно все электрические контакты, щетка вернется на нулевой контакт.

Чтобы в подобном устройстве при передаче сигналов исключить включение ненужных исполнительных устройств, в схему вводится особый прибор, называемый реле замедленного действия *РЗ*. Идея устройства этого прибора очень проста. При получении радиосигнала реле замедленного действия *РЗ* быстро выключает цепь питания исполнительных механизмов, но обратно включает ее лишь через некоторое, сравнительно длительное время (время отпускания якоря реле). Поэтому, хотя шаговый распределитель и срабатывает и его щетка скользит по контактам, но пока она не дойдет до контакта, соответствующего передаваемому распоряжению, и не остановится на нем, т е. до тех пор, пока не будет закончен выбор

требуемой команды, цепи исполнительных механизмов не будут включены

Таким образом, применяя метод число-импульсного кодирования командного сигнала, имеется возможность включать исполнительные механизмы по очереди, один за другим.

Одним из существенных недостатков число-импульсного кодирования является то, что с увеличением числа передаваемых команд, т. е. с увеличением числа импульсов в команде, возрастает задержка во времени исполнения передаваемой команды, а так как время передачи каждой команды различно, усложняется работа оператора

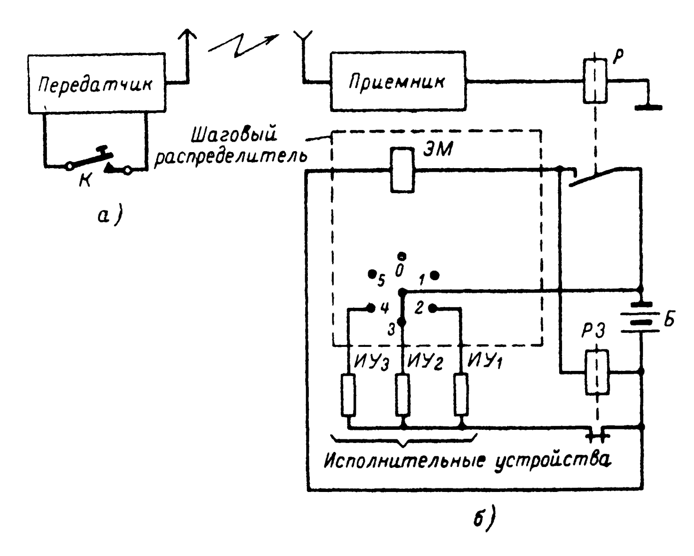


Рис. 54. Схема многокомандной аппаратуры с число-импульсным кодом (электромеханический вариант).

а — передающее устройство; *б* — приемное устройство.

Второй принцип передачи по одной линии связи или радиосвязи нескольких команд, свободный от недостатков, присущих первому принципу передачи, состоит в том, что для передачи каждой команды отводится свой канал связи. В этом случае применяются многоканальные линии передачи.

Сущность работы многоканальной линии передачи заключается в том, что на передающем конце сигналы всех каналов предварительно группируются и затем передаются одним передатчиком в эфир. На приемном конце эту группу сигналов, получаемых на выходе приемника, необходимо разделить по соответствующим каналам. При этом должна быть обеспечена возможность передачи команд независимо от того, ведется ли передача команд по другим каналам или нет.

Существует несколько способов группирования и разделения каналов. Из них наиболее распространенными являются частотный

и временной способы разделения каналов, из которых последний более прост в техническом отношении.

На рис. 55 показан принцип осуществления такой связи через один радиопередатчик (электромеханический вариант).

Передающая сторона имеет ряд датчиков команд $ДК_1$, $ДК_2$ и $ДК_3$, сигналы с которых поступают в линию радиосвязи через стартстопный коммутатор — распределитель P_1 поочередно. Для каждого датчика команд отводится некоторое время, определяемое числом датчиков и скоростью вращения коммутатора. Эта часть времени соответствует длительности прохождения щеток вращающегося устройства по контактам данного датчика.

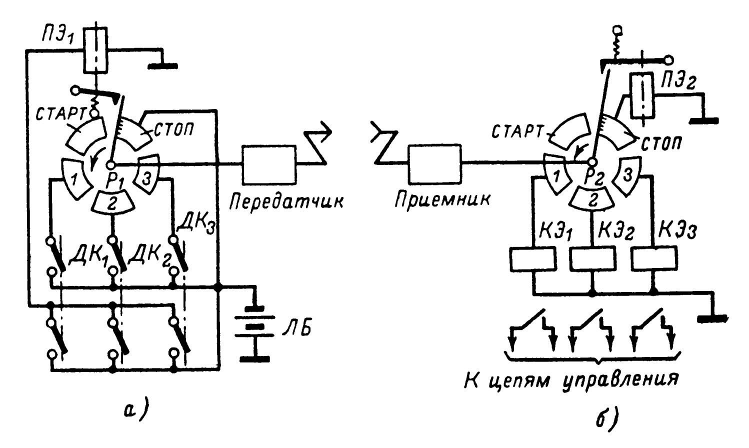


Рис. 55. Схема, поясняющая принцип временного разделения каналов и стартстопного корректирования фазы распределителей (электромеханический вариант).

а — передающее устройство; *б* — приемное устройство.

На приемной стороне линия включена в распределитель P_2, вращающийся синхронно с распределителем P_1 передающей стороны. Следовательно, в момент прихода сигнала от датчика *1* линия будет присоединена к контакту приемного распределителя *1*, в момент прихода сигнала от датчика *2* — контакту *2* и т. д.

Синхронное вращение распределителей на передающей и приемной сторонах осуществляется методом стартстопной коррекции, сущность которого заключается в следующем. Когда оператор включает один из датчиков, то одновременно замыкается цепь пускового электромагнита $ПЭ_1$, который, притянув якорь, освобождает щетку передающего распределителя, и последняя начинает вращаться.

В течение этого оборота в линию последовательно будут посланы стартовый (бестоковый) импульс, три импульса от датчиков команд и стоповый (токовый) импульс. Под действием стартового импульса ток в пусковом электромагните $ПЭ_2$ прекратится, его якорь поднимется и щетка приемного распределителя начнет вращаться. При вращении щетки к приемнику последовательно будут подключены через контакты *1—3* командные электромагниты *КЭ*.

В конце оборота под действием стопового импульса приемный распределитель остановится и накопившееся в течение одного оборота расхождение по фазе будет устранено. Следующий оборот оба распределителя начнут в одинаковой фазе.

Практически за один оборот распределителя оператор успевает посылать только одну команду.

Поэтому можно применить способ кодирования, сущность которого заключается в том, что для каждой команды отводится определенная комбинация последовательностей импульсов. Для рассмотренного выше случая последовательность импульсов будет состоять из двух служебных импульсов (стартового и стопового) и трех кодовых, находящихся между собой в любых возможных временных сочетаниях. При наличии трех кодовых импульсов можно получить $2^3=8$ комбинаций. При наличии четырех кодовых импульсов можно получить $2^4=16$ комбинаций и т. д.

В приемной части каждая комбинация с помощью специальной схемы (дешифратора или декодирующего устройства) расшифровывается, т. е. последовательность принятых импульсов преобразовывается в один импульс, выдаваемый только на одном из выходов дешифратора. Для комбинаций, состоящих из трех кодовых импульсов, дешифратор должен иметь восемь выходов, на которых и получаются соответствующие команды.

В этом способе построения многокомандной аппаратуры каждая передаваемая команда имеет одинаковую продолжительность и, следовательно, более эффективно используется линия связи. К тому же этот способ позволяет более просто применять так называемые коды с «обнаружением и исправлением ошибок», что очень важно для работы в условиях сильных помех, поступающих с канала связи, о чем будет сказано ниже.

Рассмотренная стартстопная система передачи команд является достаточно простой. Однако этой системе присущи следующие недостатки:

1. Сравнительно большие потери времени на передачу сигналов фазирования — старта и стопа.

2. Правильность приема информационных сигналов значительно зависит от степени искажения сигналов старта.

Как правило, регистрацию каждого принимаемого кодового импульса производят в момент поступления его средней части, так как эта часть меньше всего бывает подвержена искажению. Если в результате воздействия помех происходит искажение (смещение) стартового импульса, то моменты регистрации принятых кодовых импульсов будут сдвинуты вправо или влево от середины. Следовательно, с большей вероятностью может происходить ошибочная регистрация принимаемых сигналов.

3. Возможность ложного срыва со стопа в результате воздействия импульсных помех, что может приводить как к нарушению приема, так и к образованию ложных команд.

Поэтому, когда к системе телеуправления предъявляются более жесткие требования, чем те, которые может обеспечить стартстопная система, применяют синхронную систему передачи команд, у которой отсутствуют вышеперечисленные недостатки.

Электромеханический вариант такой системы показан на рис. 56. Правильный прием переданной информации возможен только в том случае, когда щетки распределителей (P_1 и P_2) передачи и приема

вращаются с одинаковой скоростью и проходят одновременно одни и те же контакты, т. е. вращаются синхронно и синфазно.

Если в стартстопной системе условие синхронности и синфазности обеспечивается за счет остановки щеток распределителей после каждой передачи, то в синхронной системе это условие обеспечивается за счет дополнительного устройства, называемого устройством синхронизации.

Оно, как показано в упрощенном виде на рис. 56, состоит из схемы выделения сигналов синхронизации и самого синхронизатора, осуществляющего соответствующее воздействие на щетки приемного распределителя.

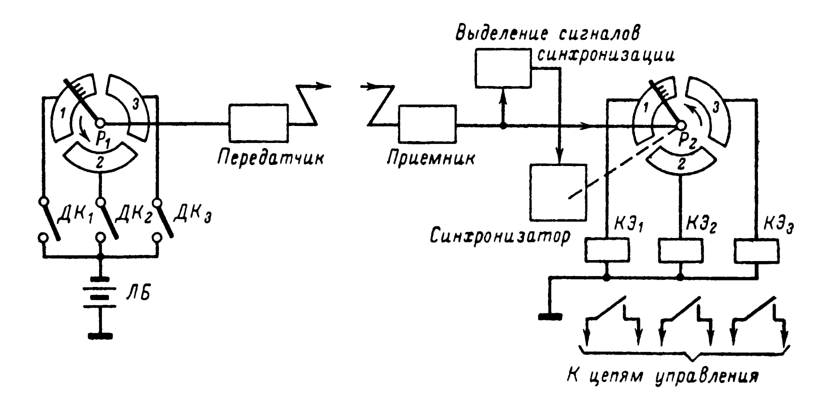


Рис. 56. Принцип временного разделения каналов в синхронной системе передачи.

Информация, необходимая для определения моментов начала и конца поступления каждой кодовой посылки, обычно извлекается из самих передаваемых команд. В частности, эта информация содержится в сигналах, возникающих в моменты переходов токовой посылки в бестоковую, и наоборот, или, как принято называть, из переходов «1» в «0» и «0» в «1».

В реальных системах с помощью этой информации осуществляется так называемая синхронизация по импульсам.

Условие прохождения щетками распределителей одних и тех же контактов обеспечивается так называемым устройством фазирования по циклам.

Информация, необходимая для фазирования по циклам, может извлекаться из самих передаваемых сигналов, при условии, если в последних содержится хотя бы незначительная избыточная информация, например, необходимая для обнаружения или исправления ошибок в кодовых комбинациях, возникающих во время передачи по каналу связи.

Если таковой нет, то обычно для этой цели вводят специальные сигналы фазирования. Очень удобно для этой цели использовать одну из свободных или специально отведенную кодовую комбинацию. Эта комбинация непрерывно передается тогда, когда отсутствует передача командных кодовых комбинаций, и при правиль-

ном ее приеме осуществляется соответствующее фазирование распределителей. По этой же комбинации в отсутствие передачи команд осуществляется синхронизация по импульсам

Сигналы фазирования при любом способе их образования могут быть использованы не только по их прямому назначению, но и для контроля за качеством приема информации, а самое главное, для контроля за исправностью канала связи и всей системы передачи в целом.

Рассмотренная на рис. 56 схема является далеко не полной. Так, в связи с непрерывным синхронным и синфазным вращением щеток распределителей возникает необходимость в дополнительных устройствах, которые позволят производить подачу информации на контакты передающего распределителя и съем информации с приемного распределителя в определенные моменты времени. Для этой цели необходимо иметь запоминающие и коммутирующие устройства.

Несмотря на указанные сложности, вся современная радиотелеметрия, в том числе и космическая, как правило, основана на принципах синхронной передачи.

Описанные принципы передачи нескольких команд по одной линии связи являются наиболее надежными, простыми и доступными для реализации как в технике, так и в радиолюбительской практике построения управляемых моделей по радио.

Следует заметить, что в настоящее время, когда широкое развитие получило применение бесконтактных переключающихся устройств, строить многокомандную аппаратуру имеет смысл не на электромеханических принципах, описанных выше, а только на электронных с применением полупроводниковых приборов и ферритовых сердечников с прямоугольной петлей гистерезиса. Применение этих приборов позволяет изготовить весьма экономичную по питанию аппаратуру с малыми размерами и высокой надежностью в работе, что очень важно для подвижных моделей. К тому же построить такую аппаратуру можно гораздо быстрее и дешевле, так как в этом случае нет необходимости в точной обработке деталей. Описание устройства подобной аппаратуры для управления по радио и является предметом данной главы книги.

Построение радиопередатчиков и радиоприемников не рассматривается, так как они остаются такими же, как и для электромеханических устройств, описанных в литературе, приведенной в конце книги.

Многокомандная система с число-импульсным кодом для радиоуправляемых моделей

В электромеханических вариантах аппаратуры с число-импульсным кодом (см. рис. 54) длительность кодового импульса определялась в основном быстродействием дешифраторов приемной станции. Поскольку в качестве дешифратора обычно используется медленно действующий прибор — шаговый распределитель (шаговый искатель автоматических телефонных станций), длительность кодового импульса выбиралась около 0,1 *сек*. Поэтому в качестве шифратора или кодирующего устройства обычно применялись номеронабиратели от телефонных аппаратов.

При применении электронных приборов, обладающих высокой скоростью работы, длительность кодового импульса полностью оп-

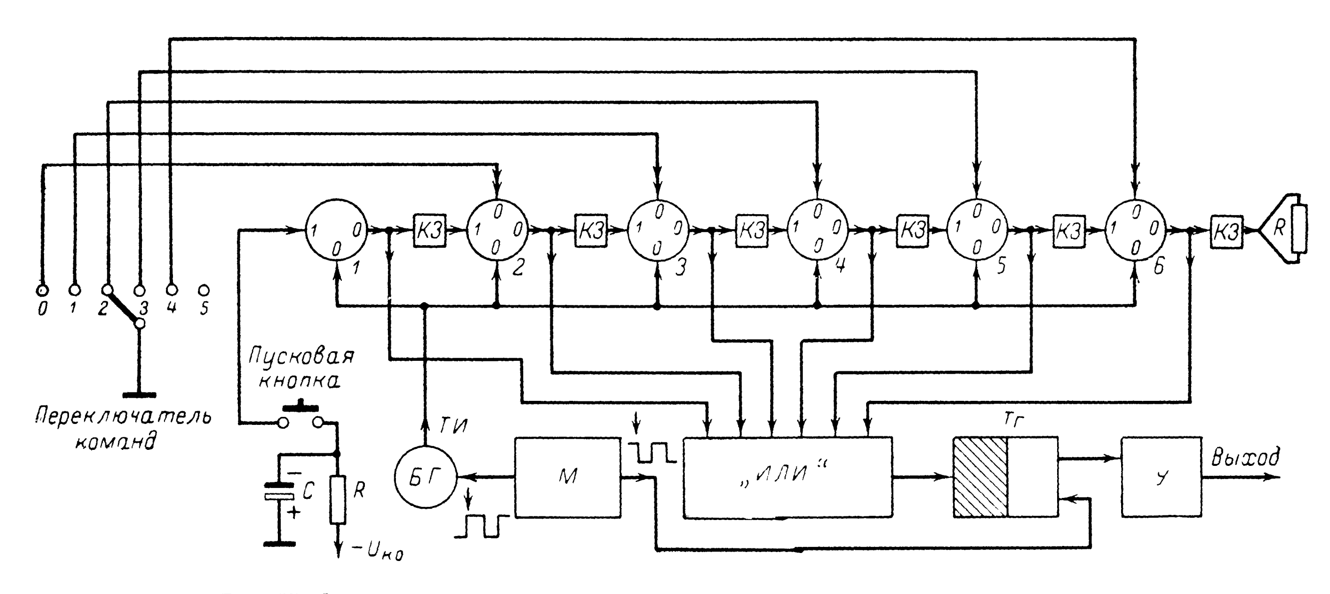


Рис. 57. Функциональная схема шифратора число-импульсного кода (первый вариант).

ределяется пропускной способностью радиоканала. При ширине полосы пропускания канала связи порядка 70—80 *гц* длительность кодового импульса можно выбрать порядка 15—20 *мсек,* т. е. электронная аппаратура будет обладать в 5—6 раз большим быстродействием. Если же оставить время передачи команды таким же, как и в электромеханическом варианте, то за счет увеличения быстродействия аппаратуры можно увеличить число передаваемых команд в 2—3 раза.

При такой скорости работы шифраторы с механическими контактами, так, например, номеронабиратели телефонного аппарата, являются непригодными. Необходимо иметь электронный шифратор. Функциональная схема одного из подобных шифраторов на шесть команд приведена на рис. 57. Она состоит из магнитного регистра сдвига — сердечники *1—6*; источника тактовых импульсов — блокинг-генератора *БГ*; непрерывно работающего генератора синхронизирующих импульсов с двумя парафазными выходами — мультивибратора *М*, генерирующего синхронизирующие импульсы; собирательной схемы «*ИЛИ*»; триггера *Тг*, выходного усилителя *У*; переключателя команд и пусковой кнопки.

В исходном состоянии все сердечники регистра сдвига за счет непрерывно поступающих тактовых импульсов *ТИ,* вырабатываемых блокинг-генератором, находятся в состоянии «0». Триггер *Тг* за счет импульсов напряжения, поступающих с мультивибратора, импульсы которого по отношению к управляющим импульсам блокинг-генератора сдвинуты на 180°, находится в исходном состоянии. Напряжение, поступающее с запертого транзистора триггера, удерживает транзистор выходного усилителя *У* в отпертом состоянии. Напряжение на выходе усилителя почти равно нулю.

Допустим, что нам надо послать команду № 2; тогда устанавливаем переключатель команд в положение *2*. Этим самым посылаем в сердечник *4* непрерывно запрещающий сигнал (замыкаем через переключатель команд входную обмотку сердечника *4* на общую точку схемы). Нажимаем пусковую кнопку: конденсатор *С*, заряженный до напряжения источника питания $U_{к0}$, мгновенно разряжается на входную обмотку сердечника *1*. Этим самым сердечник перемагничивается в состояние «1». При перемагничивании сердечника напряжение, возникающее в его выходной обмотке, на сердечник *2* и триггер *Тг* не воздействует. Как только от блокинг-генератора поступит тактовый импульс, сердечник *1* переключится в исходное состояние (состояние «0»). От возникающего в его выходной обмотке напряжения через схему «*ИЛИ*» переключится триггер *Тг* и одновременно в цепи задержки *КЗ* зарядится конденсатор, который по окончании тактового импульса перемагнитит сердечник *2* в состояние «1».

Через интервал времени, равный полупериоду работы мультивибратора, за счет импульса, поступающего с правого парафазного выхода мультивибратора, триггер возвращается в исходное состояние (см. временную диаграмму на рис. 58). Таким образом, на выходе триггера получится первый кодовый импульс, длительностью равный полупериоду работы мультивибратора. Этот импульс закрывает транзистор усилителя *У* и с выхода последнего выдается импульс напряжения отрицательной полярности, который затем используется для модуляции радиопередатчика. При необходимости полярность выходного напряжения можно изменить, если выход усилителя подсоединить к левому выходу триггера.

При поступлении второго тактового импульса аналогично рассмотренному происходит переключение сердечника *2* и вторичное срабатывание триггера. И, наконец, при поступлении третьего тактового импульса тор *3*, переключаясь, переключит триггер *Тг*, но не переключит сердечник *4* в состояние «1», так как его входная об-

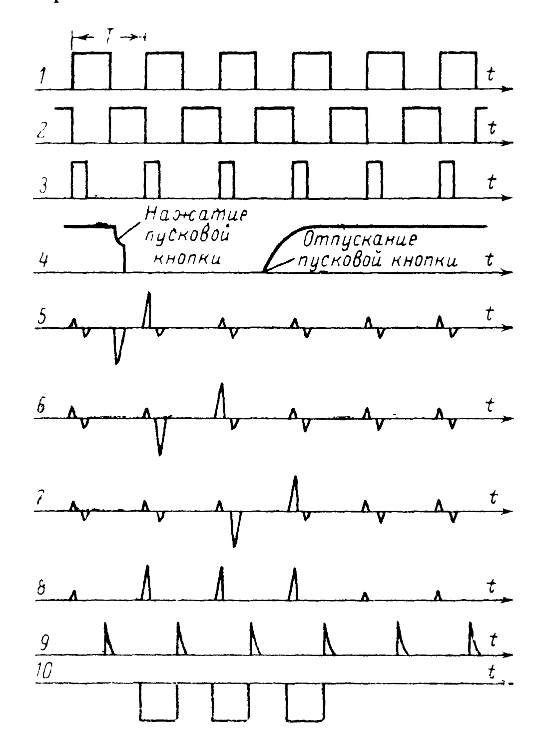


Рис. 58. Временная диаграмма, поясняющая работу схемы на рис. 57 в момент посылки команды № 2.

1 — импульсы на левом выходе мультивибратора; *2* — то же, на правом выходе мультивибратора; *3* — импульсы тока блокинг-генератора; *4* — напряжение на конденсаторе *С*; *5—7* — напряжение на выходных обмотках сердечников *1*, *2* и *3* соответственно; *8* — напряжение на выходе схемы «ИЛИ»; *9* — напряжение на правом входе триггера; *10* — напряжение на выходе усилителя *У*.

мотка замкнута накоротко переключателем команд. Схема приходит в исходное состояние.

Таким образом, с выхода усилителя *У* в линию посылаются три кодовых импульса, каждый из которых отделен от другого интервалом, равным длине кодового импульса.

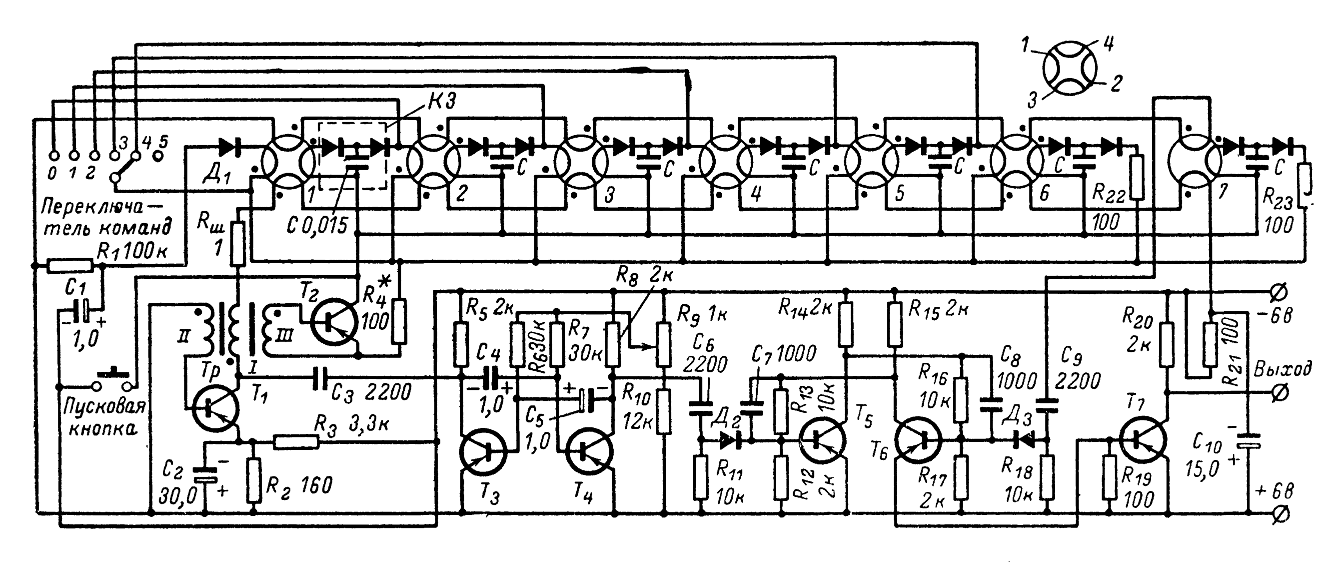


Рис. 59. Принципиальная схема шифратора число-импульсного кода (первый вариант)

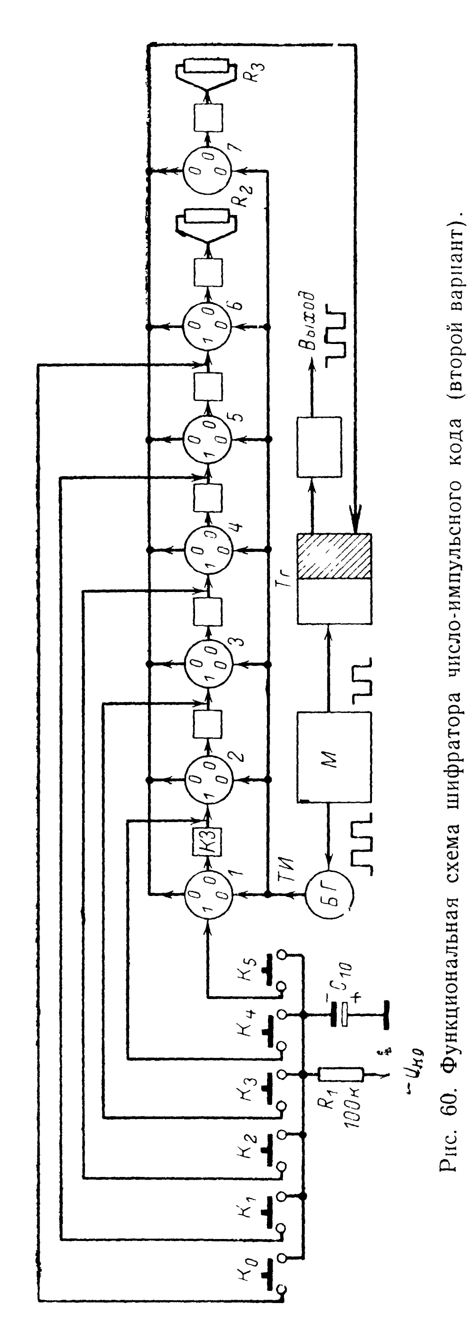


Рис. 60. Функциональная схема шифратора число-импульсного кода (второй вариант).

Отношение длительности интервала к длительности кодового импульса может быть изменено за счет рассимметрирования полупериодов колебаний, генерируемых мультивибратором.

Чтобы форма и амплитуда импульсов, получающихся в обмотках сердечника *6*, была такой же, как и в обмотках предыдущих сердечников, последний сердечник также нагружен на цепь задержки с балластным сопротивлением *R*.

Принципиальная схема шифратора приведена на рис. 59. Здесь T_1 — транзистор ждущего блокинг-генератора — источника тактовых импульсов; T_2 — транзистор, управляющий разрядом конденсаторов цепи задержки *КЗ*; T_3, T_4 — транзисторы мультивибратора; T_5, T_6 — транзисторы триггера; T_7 — усилительный транзистор. В схеме предусмотрена возможность изменения частоты импульсов, генерируемых мультивибратором, посредством изменения напряжения, снимаемого с потенциометра R_9 и подаваемого на базы транзисторов T_3 и T_4.

Роль устройства «ИЛИ» выполняют последовательно соединенные четвертые обмотки сердечников. При последовательном соединении обмоток сердечников напряжение помехи, индуктируемое в каждой обмотке вслед-

ствие недостаточной прямоугольности гистерезисной петли, будет суммироваться и может достигать большой величины. Например, при последовательном соединении обмоток, допустим, десяти сердечников и отношения сигнала к помехе, индуктируемых в каждой обмотке сердечника, равном 10, общее напряжение помехи составит величину, равную напряжению сигнала, индуктируемого в каждой обмотке. Следовательно, результирующая величина отношения сигнала к помехе будет равна 2. При таком отношении сигнала к помехе очень трудно обеспечить нормальное управление триггером. Чтобы исключить действие суммирующей помехи, в схему введен датчик «помех» — сердечник *7*. Напряжение помехи, возникающее в его обмотке *4*, компенсирует помехи в основных сердечниках. Число витков в обмотке *4* датчика помех берется равным сумме витков всех обмоток *4* основных сердечников.

Схему «ИЛИ» такого типа можно рекомендовать применять для шифраторов с количеством команд не более 10—12. При большем количестве команд необходимо применять схему «ИЛИ» обычного типа — на диодах.

Рассмотренная схема передающего устройства проста, однако не обладает достаточной оперативностью в работе, так как при передаче каждой команды необходимо переводить в то или другое положение переключатель команд.

Схема, приведенная на рис. 60, от этого недостатка свободна за счет того, что каждая команда посылается отдельной кнопкой. Например, если необходимо послать нулевую команду, то нажимаем кнопку K_0 и записываем «1» в сердечник *6*. Непрерывно поступающие тактовые импульсы перемагнитят только сердечник *6*; последний выдаст только один управляющий импульс, на правую сторону триггера *Тг,* и будет послана нулевая команда. При нажатии кнопки K_5 запишем «1» в сердечник *1*; тогда эта «1» под воздействием тактовых импульсов будет передвигаться в последующие сердечники. На вход триггера будет послано шесть управляющих импульсов, что будет соответствовать пятой команде.

Сердечник *7* служит для компенсации помех в обмотках сердечников, образующих схему «ИЛИ».

Допустим, что посланный с командного пункта сигнал принят, продетектирован, подан с приемника на дешифратор и, пройдя через последний, должен включить соответствующую исполнительную цепь Однако это включение произойдет только в том случае, если принятый сигнал соответствует по своему характеру заданной шифром форме. Если же этот сигнал является ложным и не соответствует правильной рабочей команде, то дешифратор отфильтрует его и команда не будет исполнена.

Выше установлено, что одна управляющая команда с числоимпульсным кодом может отличаться от другой количеством заключающихся в ней импульсов. Для того чтобы на приемном устройстве было правильно произведено дешифрирование, приемник должен иметь устройство, способное правильно подсчитать или проконтролировать количество поступающих импульсов.

Напомним, что в электромеханическом варианте счет импульсов осуществляется шаговым искателем, электромагнит которого управляется импульсами, поступающими с радиолинии. В момент поступления управляющих импульсов цепь щетки искателя удерживалась разомкнутой при помощи реле замедленного действия и замыкалась

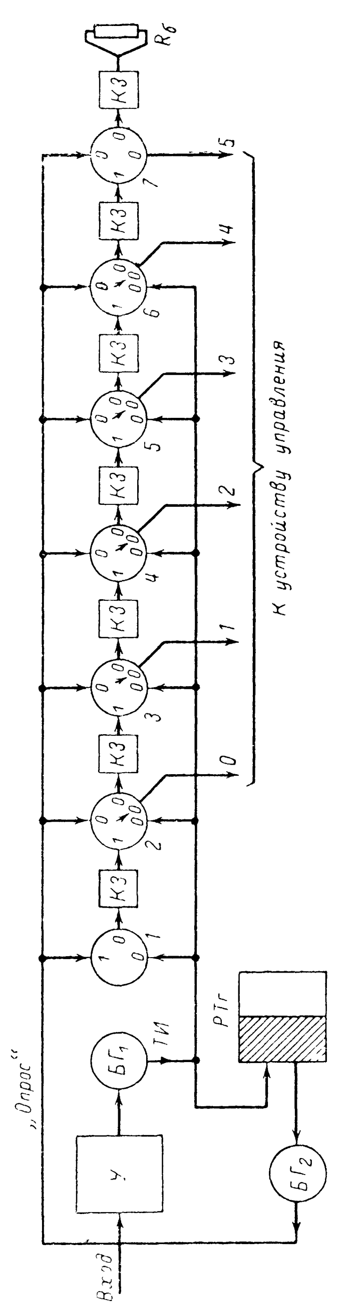


Рис. 61. Функциональная схема дешифратора число-импульсного кода.

только тогда, когда прекращалось поступление с радиолинии импульсов.

Если читателю напомнить, что магнитный регистр сдвига, в который записана только одна «1», является ничем иным, как шаговым распределителем, то становится совершенно ясным, что принципы электромеханического варианта дешифрации могут быть легко реализованы в электронном варианте, функциональная схема которого приведена на рис. 61.

В этой схеме роль шагового распределителя выполняет магнитный регистр сдвига — сердечники *1—7*, роль электромагнита — блокинг-генератор *БГ*$_1$, а роль реле замедленного действия — реактивный триггер *РТг*.

Если в начало регистра сдвига (сердечник *1*) предварительно записать «1», то блокинг-генератор, срабатывая от каждого поступающего на вход схемы импульса, передвинет эту «1» вдоль регистра сдвига на столько шагов, сколько с радиолинии поступит кодовых импульсов. Например, при поступлении четырех импульсов «1» передвинется на четыре шага и запишется в сердечник *5*.

Выходы к устройствам управления от регистра сдига в момент передвижения «1» по регистру сдвига, так же как и в электромеханическом варианте, находятся в отключенном состоянии и подключаются только по окончании поступления кодовой группы импульсов.

Но поскольку ферритовые сердечники являются устройствами динамического действия, т. е. на их вы-

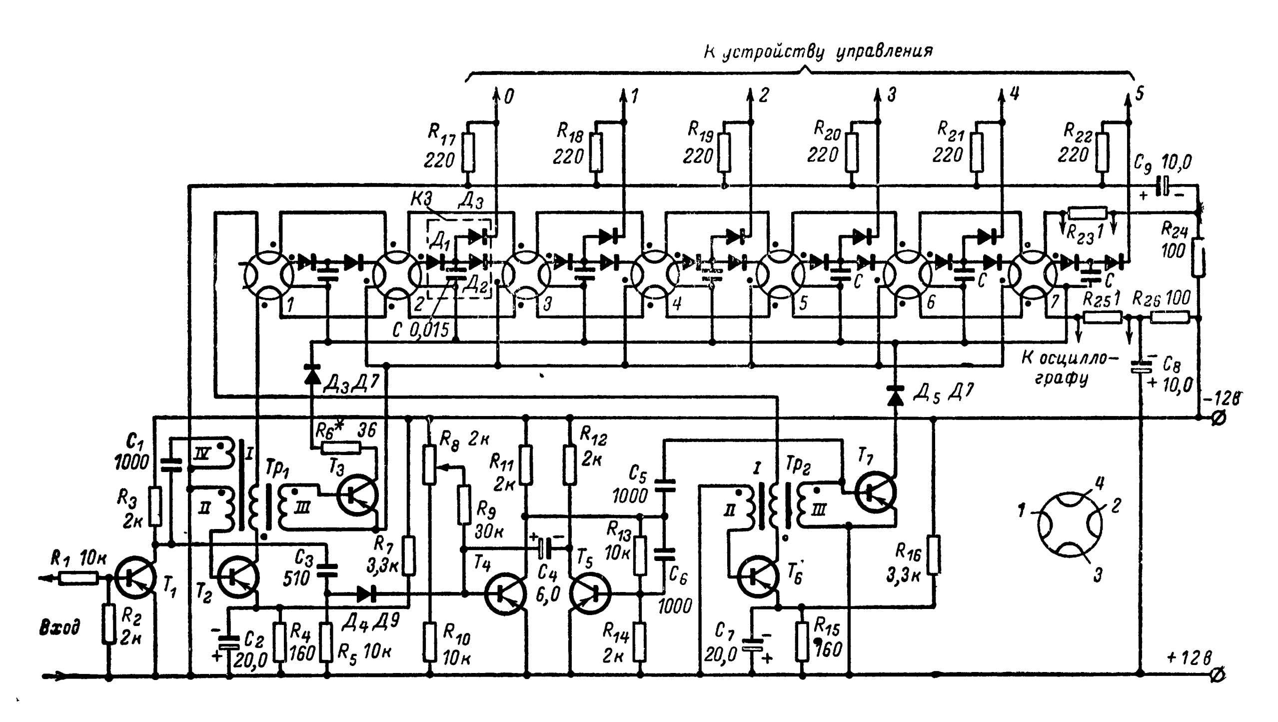


Рис. 62. Принципиальная схема дешифратора число-импульсного кода.

ходе сигнал бывает только в момент их переключения, простое подключение обмоток сердечников к устройствам управления оказывается недостаточным. Необходимо одновременно с подключением выходных обмоток сердечников произвести распознавание местонахождения сдвинутой по регистру сдвига «1». Последнее осуществляется путем «Опроса» схемы регистра сдвига.

Эта операция выполняется реактивным триггером *РТг* и блокинг-генератором $БГ_2$. Реактивный триггер срабатывает от первого импульса кодовой группы и остается в переключенном состоянии, пока не окончится самая длинная кодовая группа. При самопроизвольном возвращении триггера *РТг* в исходное состояние срабатывает блокинг-генератор $БГ_2$, который посылает во все сердечники импульс «*Опроса*».

Этим импульсом регистр сдвига подготавливается к приему следующей кодовой группы, т. е. записывается «1» в первый сердечник, а все остальные сердечники одновременно переводятся в исходное состояние — состояние «0». Самим же блокинг-генератором $БГ_2$ на короткое время подключаются выходы регистра сдвига к устройствам управления. На схеме (рис. 61) это действие обозначено стрелкой внутри сердечника, которая означает, что сигнал на данном выходе, указываемом стрелкой, появляется только тогда, когда появляется управляющий сигнал на входе, относящийся к данной стрелке.

Таким образом, сердечник, оставшийся перемагниченным в состояние «1», в конце приема кодовой группы при опросе перемагнитится в состояние «0», выдаст управляющий сигнал на соответствующем выходе схемы и осуществит тем самым дешифрацию принятой кодовой группы.

Принципиальная схема, реализующая рассмотренную функциональную схему, приведена на рис. 62. На этой схеме T_1 — транзистор входного усилителя *У*; T_2 — транзистор ждущего блокинг-генератора $БГ_1$; T_3 — транзистор, управляющий разрядом конденсаторов цепи задержки *КЗ* при перезаписи информации («1») с одного сердечника на другие; T_4, T_5 — транзисторы реактивного триггера *РТг*; T_6 — транзистор блокинг-генератора $БГ_2$, производящий «*Опрос*» регистра сдвига по окончании поступления кодовой комбинации; T_7 — транзистор, подключающий конденсаторы цепи задержки *КЗ* ко входам устройств управления во время «*Опроса*» сердечников.

Работа схемы происходит следующим образом. Поступающий на вход кодовый импульс отрицательной полярности открывает усилительный транзистор T_1. Фронтом импульса (положительным) через конденсатор C_3 запускается реактивный триггер, у которого в исходном состоянии транзистор T_4 является отпертым, а T_5 — запертым. Одновременно от каждого импульса, поступающего на вход схемы через конденсатор C_1, запускается ждущий блокинг-генератор $БГ_1$, который в исходном состоянии заперт положительным смещением, подаваемым с делителя напряжения, составленного из резисторов R_4 и R_7.

Первым тактовым импульсом тока, генерируемым блокинг-генератором, сердечник *1* переводится из состояния «1» в состояние «0». Током, возникающим в его обмотке *2*, заряжается конденсатор *С* цепи задержки *КЗ*. Как только окончится тактовый импульс, спадом этого импульса открывается ключевой транзистор T_3. Временно хранимая «1» в цепи задержки переписывается на следующий сер-

дечник. При следующем поступлении кодового импульса снова срабатывает блокинг-генератор $БГ_1$ и переписывает «1» из сердечника *2* в сердечник *3* и т. д.

Допустим, что передавалась команда № 4, т е на вход схемы поступило пять кодовых импульсов; следовательно, в конце приема этой кодовой группы будет переведен в состояние «1» сердечник *6*. Тогда, как только реактивный триггер возвратится в исходное состояние положительным импульсом, возникающим на коллекторе транзистора T_4, через конденсатор C_5 запустится блокинг-генератор $БГ_2$. Этот блокинг-генератор пошлет импульс тока в обмотки *4* всех сердечников и установит сердечник *1* в состояние «1», а все остальные — в состояние «0».

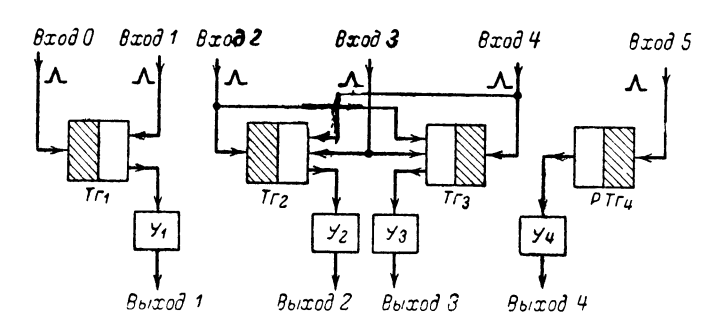


Рис. 63. Блок-схема устройства управления.

Однако при этом перемагничивание сердечника из состояния «1» в состояние «0» произойдет только в сердечнике *6*. Током, возникающим в его обмотке *2*, зарядится конденсатор C цепи задержки. Как только окончится импульс тока, генерируемый блокинг-генератором $БГ_2$, спадом этого импульса откроется транзистор T_7 и заряженный конденсатор цепи задержки шестого сердечника разрядится на сопротивление резистора R_{21}. Цепь записи «1» в сердечник *7* в это время разомкнута транзистором T_3.

Возникающее на сопротивлении резистора R_{21} напряжение используется для запуска устройств управления.

Поскольку дешифратор выдает в конце приема кодовой группы всего только один импульс, очевидно, что для приведения в действие какого-либо устройства необходимо иметь не только усилитель, усиливающий выделенный дешифратором сигнал, но также и элемент памяти. Таким наиболее подходящим элементом является триггер на транзисторах.

Устройство управления моделью может иметь связь как с дешифратором, так и между отдельными элементами, входящими в это устройство. Варианты связей зависят от требований, предъявляемых к той или другой управляемой модели. Для примера рассмотрим один из возможных вариантов устройства управления на триггерах с использованием внутренних связей, блок-схема которого приведена на рис. 63.

Допустим, что команда 0 означает управление: «двигатель включен», а команда *1* — «двигатель выключен». При поступлении

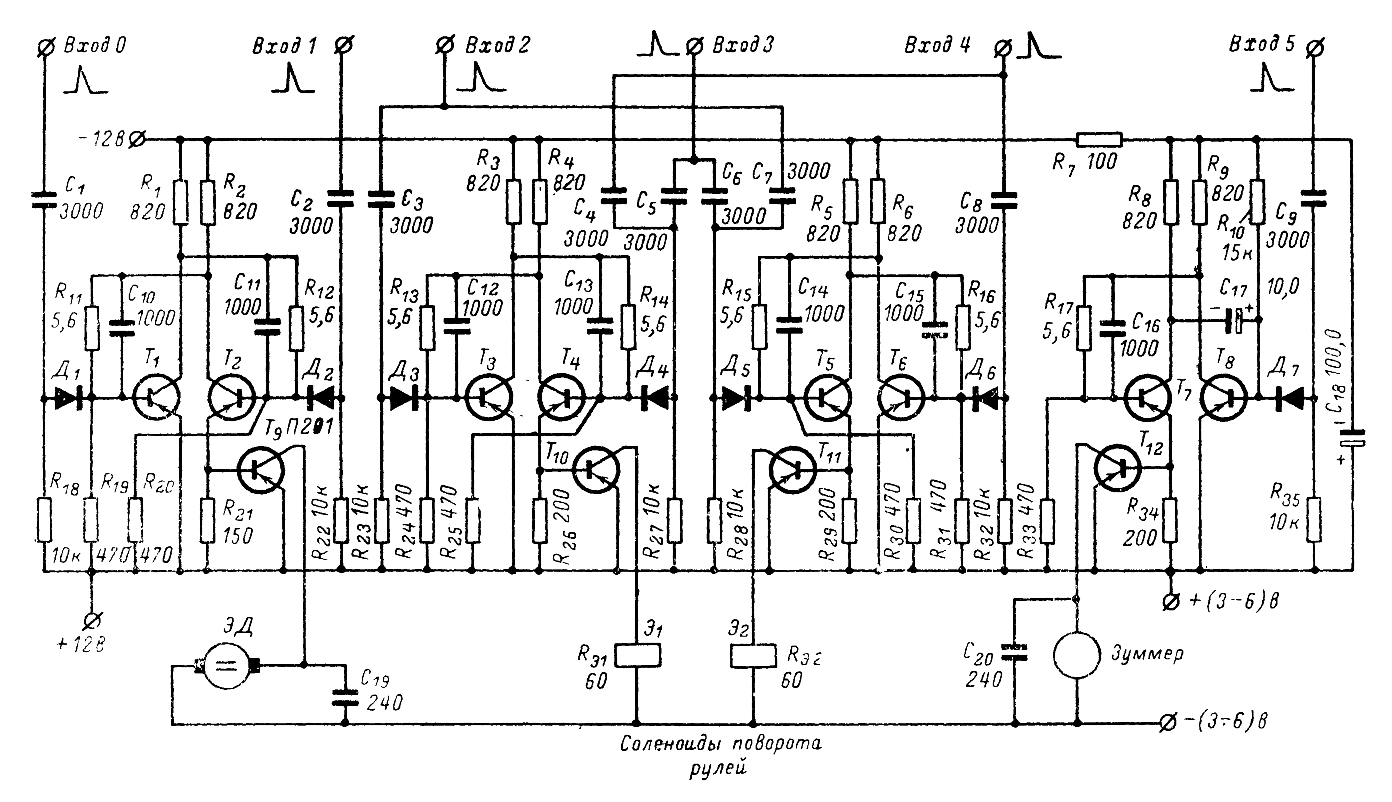


Рис. 64 Принципиальная схема устройства управления.

той или другой команды триггер $Tг$ будет переходить из одного устойчивого состояния в другое и будет через усилитель $У_1$ включать или выключать питание на электродвигатель.

Следующая команда *2* означает — «руль отклонен влево», третья команда — «руль прямо» и четвертая — «руль вправо». Для реализации этого управления необходимо иметь два триггера, каждый из которых, как известно, имеет два входа; следовательно, для их переключения необходимо было бы передавать четыре команды. Однако если применить внутренние связи между триггерами, то можно обойтись тремя командами. Сделано это следующим образом. Предположим, что поступила команда «руль влево»; тогда триггер $Tг$, сработав, включит через усилитель $У_2$ устройство поворота руля, например электромагнит соленоидного типа. Допустим, что после того, как эта команда была отработана, необходимо подать команду «руль вправо», минуя подачу команды «руль прямо». Вот в этом случае и приходят на помощь внутренние связи. При поступлении четвертой команды сработает триггер $Tг_3$, который включит через усилитель $У_3$ устройство поворота руля вправо; одновременно сигнал третьей команды, проходя по внутренней связи, переключит триггер $Tг_2$ в исходное состояние и выключит устройство поворота руля влево

Таким образом, при поступлении команды «руль влево» или «руль вправо» сигнал команды воздействует одновременно на оба триггера; то же самое происходит и при подаче команды «руль прямо».

Внутренние связи могут иметь более сложную зависимость, например, с применением логических элементов «И» и «ИЛИ» и даже с устройствами, не управляемыми по радио, например усилителем фотоэлемента, который будет выключать мотор всякий раз, когда на пути движения модели будут встречаться препятствия.

Последняя, пятая команда, может быть использована, например, для подачи акустического сигнала. Продолжительность подачи акустического сигнала определяется параметрами реактивного триггера $РTг_4$.

Принципиальная схема управления моделью, составленная в соответствии с блок-схемой на рис. 63, приведена на рис. 64, где T_1 и T_2 — транзисторы первого триггера, T_3 и T_4 — второго триггера типа П16—П16А, T_9—T_{12} — усилительные транзисторы типа П201.

Запуск триггеров осуществляется положительными импульсами, подаваемыми на базы открытых транзисторов.

Конструкция и налаживание передающего и приемного устройств управления с число-импульсным кодом

Конструктивно как передающую часть (шифратор), так и приемную часть (дешифратор) удобно выполнять на отдельных платах, подобно тому, как это делалось в устройствах, описанных в предыдущих главах. Размер плат и их количество надо выбирать, исходя из того, чтобы эти устройства можно было совместить с передатчиком и приемником. Можно также применить и блочную конструкцию (рис. 65).

Ферритовые сердечники типа К-65, наружным диаметром $d_н = 4{,}35$ *мм*, внутренним диаметром $d_{вн} = 2{,}35$ *мм* и высотой $h = 2{,}26$ *мм*; обмотки *I* — 40 витков, *II* — 60 витков; *III* и *IV* — по 8 витков. Диоды — типа *Д9* с прямым сопротивлением $R_д \approx 40-80$ *ом*, изме-

ренным на уровне 1 *в*. Диоды могут быть применены и любого другого типа с указанным выше прямым сопротивлением. Сердечники трансформаторов — оксиферовые: $d_н=12$ *мм*; $d_{вн}=5$ *мм*; $h=5$ *мм*; $\mu=2\,000$. Обмотки: *I* — 20 витков; *II*, *III* — 60 витков; *IV* — 50 витков. Транзисторы — типа П16—П16А.

Налаживание шифратора (см. рис. 59) следует начинать с настройки мультивибратора на необходимую частоту, которая выбирается равной 50—60 *гц*. Далее изменением емкости конденсатора C_3 добиваются надежного запуска блокинг-генератора и затем проверяют в статическом режиме работу триггера и выходного усилителя.

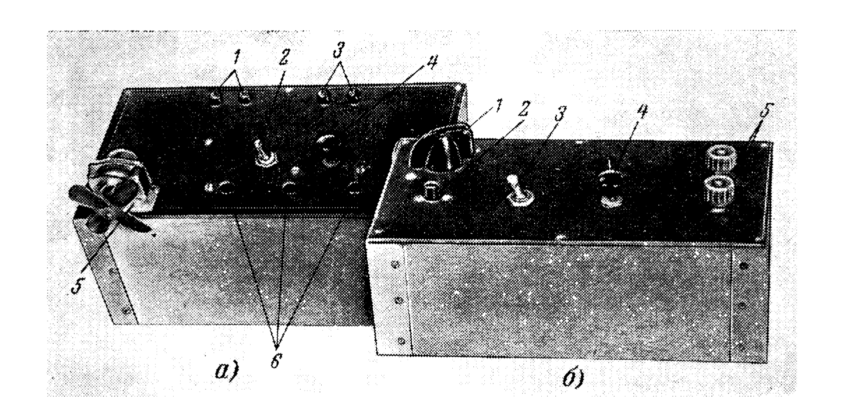


Рис. 65. Внешний вид передающего и приемного устройств с число-импульсным кодом.

а — приемное устройство (*1* — зажимы для подключения батареи питания электродвигателя и сигнальных ламп; *2* — выключатель питания; *3* — входные зажимы; *4* — ручка регулятора скорости приема команд; *5* — электродвигатель; *6* — сигнальные лампы, имитирующие обмотки соленоидов и зуммера); *б* — передающее устройство (*1* — переключатель команд; *2* — пусковая кнопка; *3* — выключатель питания; *4* — ручка регулятора скорости передачи команд; *5* — выходные зажимы).

Блокинг-генератор должен вырабатывать импульсы тока с амплитудой не менее 0,5 *а* при напряжении источника питания 12 *в*.

После этого проверяют регистр сдвига, для чего последний замыкают в кольцо следующим образом: выходной диод цепи задержки сердечника *6* отсоединяют от резистора R_{22} и временной перемычкой соединяют с концом входной обмотки сердечника *1*, отсоединив при этом диод $Д_1$. Переключатель команд устанавливают в положение *5*, чтобы им не шунтировались входные обмотки сердечников.

Путем изменения направления тока в одной из тактовых обмоток или любым другим из упомянутых выше способов записывают в регистр сдвига одну «1». Работу регистра наблюдают на экране осциллографа, подключенного к одному из конденсаторов цепи задержки.

При нормальной работе регистра сдвига на осциллографе должны наблюдаться импульсы, отделенные друг от друга пятью импульсами помех. Если же цикл повторения будет иным, необходимо увеличить сопротивление резистора R_4, добиваясь при этом требуемой повторяемости импульсов. В случае, если запись «1» будет отсутствовать, необходимо сопротивление резистора R_4 уменьшить до нуля и попробовать заменить транзистор T_2. Обычно подобные схемы работают с любым исправным транзистором.

После того, как регистр будет налажен, кольцо регистра разрывают, осциллограф подключают на выход схемы и проверяют работу шифратора при передаче каждой команды.

При частотах мультивибратора ниже 50 *гц* запись «1» в регистр пусковой кнопкой может оказаться неустойчивой. В этом случае необходимо увеличить емкость конденсатора C_1.

Наладку дешифратора (см. рис. 62) начинают с реактивного триггера, добиваясь того, чтобы при запуске импульсами, поступающими от шифратора, триггер каждый раз устойчиво срабатывал и генерировал импульс длительностью, несколько большей времени, занимаемого наиболее длинной кодовой группой. Затем проверяют запуск блокинг-генератора $БГ_2$ от спада импульса реактивного триггера и проверяют ток импульса, генерируемого блокинг-генератором, амплитуда которого должна быть порядка 0,5 *а*.

Выключив блокинг-генератор $БГ_2$ (отключив коллектор транзистора T_6), приступают к наладке блокинг-генератора $БГ_1$ (транзистор T_2). Налаживание состоит в том, чтобы $БГ_1$ срабатывал от каждого приходящего на вход импульса, генерируя при этом импульс тока с амплитудой порядка 0,5 *а*.

Далее, подавая на блокинг-генератор $БГ_1$ непрерывную последовательность запускающих импульсов, например от мультивибратора шифратора, и замыкая регистр сдвига в кольцо, добиваются изменением величины сопротивления R_6 записи в регистр сдвига только одной «1».

После этого при отключенном запуске реактивного триггера проверяют, не срабатывает ли $БГ_2$ от импульсов помех при продвижении «1» по регистру сдвига. Обычно это имеет место за счет связи через источник питания, имеющий повышенное внутреннее сопротивление, к тому же недостаточно зашунтированный блокировочным конденсатором.

После этого кольцо регистра сдвига разрывают, подключают запуск реактивного триггера и, подключая осциллограф к тому или другому выходу устройств управления моделью, проверяют дешифрацию поступающих на вход кодовых групп.

Схемы шифратора и дешифратора должны устойчиво работать при изменении источников питания от 6 до 25 *в*.

В устройстве управления (см. рис. 64) для коммутации токов до 0,1 *а* следует применять транзисторы типов П13—П16 (T_9—T_{12}), а при токе свыше 0,1 *а* (например, при коммутации цепей электродвигателей) — типов П4, П201 или другие, более мощные транзисторы. Для коммутации цепей, питаемых переменным током, можно применять магнитно-транзисторный выключатель, описанный на стр. 70.

В настоящее время промышленностью выпускаются транзисторы с максимально допустимым напряжением на коллекторе не более 100 *в*, поэтому, когда возникнет необходимость коммутировать сравнительно высоковольтные цепи, неизбежно придется прибегнуть

к применению электромагнитных реле. В этом случае целесообразно применить схему ждущего блокинг-генератора, приведенную на рис. 49. Однако эта схема имеет одно устойчивое состояние. Чтобы получить два устойчивых состояния, необходимо на реле иметь еще одну пару блокировочных контактов (работающих на замыкание), которыми при срабатывании реле будет шунтироваться коллектор с эмиттером транзистора, и пару контактов на размыкание для деблокировки указанной выше цепи в других аналогичных реле.

Параметры триггеров в схеме на рис. 64 выбраны такими, которые позволяют полностью открыть усилительные транзисторы типа П201 (падение напряжения между коллектором и эмиттером не более 0,5 *в*) при токе коллектора около 0,4—0,5 *а*, чего вполне достаточно для приведения в действие электродвигателя мощностью до 10 *вт* при напряжении источника питания 24 *в*.

Способ повышения помехозащищенности устройств управления с число-импульсным кодом

Вопрос повышения помехоустойчивости системы управления на расстоянии является важнейшей проблемой при конструировании подобной аппаратуры, так как искажение сигналов и возникающие в системах телеуправления помехи могут приводить к авариям управляемых объектов.

Числовые системы, работающие с информацией дискретного вида, обладают тем существенным преимуществом, что параметры канала связи не оказывают влияния на передаваемое число импульсов в кодовой группе. Искажения, вносимые параметрами канала связи, отражаются лишь на форме импульсов, но не на общем числе импульсов. Но не исключена возможность возникновения помех, обусловленных индуктированием в канале связи, особенно в радиолинии, посторонних импульсов, от воздействия, например, грозового разряда или от мощного передатчика, случайно работающего на частоте, близкой к резонансной частоте радиоприемника устройства управления, и т. п. При этом возможно как появление лишних импульсов, так и исчезновение одного или нескольких импульсов при передаче.

Чтобы исключить влияние помех импульсного характера на систему управления, необходимо применение специальных защитных устройств, которые позволяли бы системе реагировать только на сигналы управления.

Для подавления импульсов помех, имеющих более короткую длительность по отношению к основному сигналу, например таких, как помехи, создаваемые грозовыми разрядами, длительность которых измеряется несколькими миллисекундами, можно рекомендовать схемы селекции по длительности. Обычно селекцию по длительности осуществляют схемами интегрирования[1] и схемами сравнения длительности импульсов, поступающих из канала связи, с длительностью импульсов, генерируемых в местной цепи.

Первая схема приведена на рис. 66, *а*; в ней поступающие на вход кодовые импульсы и импульсы помех заряжают конденсатор *C*. Кодовые импульсы, как более длительные, создают на емкости боль-

[1] Название говорит о том, что выходное напряжение, всегда пропорциональное интегралу зарядного тока по времени, окажется пропорциональным интегралу входного напряжения, если бы мы выбрали достаточно большое сопротивление *R*

шие пики напряжения, нежели импульсы помех, так как первые успевают сообщить конденсатору больший заряд.

Благодаря наличию отрицательного смещения, включенного в нижний провод выходной цепи, схема обладает ограничительным эффектом «снизу» (рис. 66, *б*) и практически пропускает только кодовые импульсы.

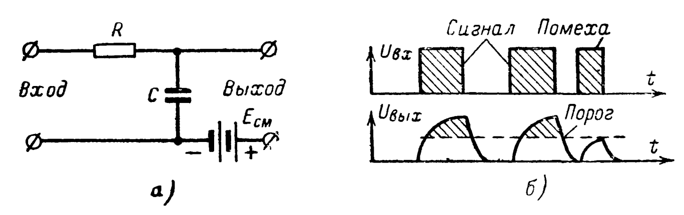


Рис. 66. Интегрирующая цепь.

а — схема, *б* — форма импульсов на входе и выходе схемы.

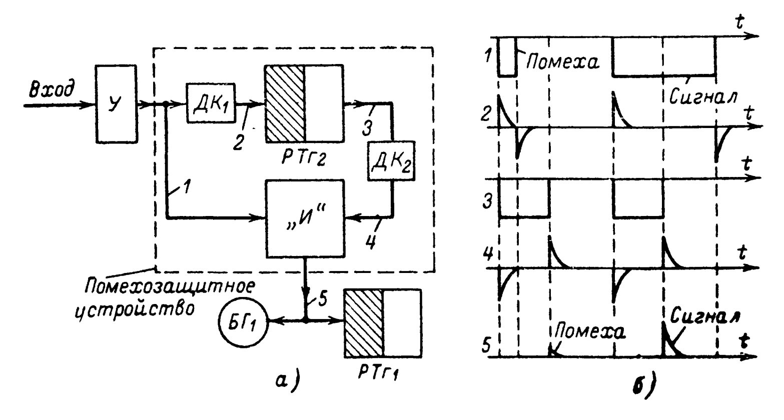


Рис. 67. Помехозащитное устройство, основанное на принципе сравнения длительности импульсов.

а — блок-схема; *б* — форма импульсов в основных узлах схемы: *1* — напряжение на выходе усилителя *У*; *2* — напряжение на выходе дифференцирующей цепи $ДК_1$; *3* — напряжение и на выходе реактивного триггера $РТг_2$; *4* — напряжение на выходе дифференцирующей цепи $ДК_2$; *5* — напряжение на выходе схемы «И»

Блок-схема помехозащитного устройства, работающего на принципе сравнения длительности поступающих импульсов с длительностью импульсов, вырабатываемыми местной схемой, приведена на рис. 67, *а*. Каждый поступающий на вход схемы кодовый импульс или импульс помехи подается на схему «И» и одновременно через дифференцирующую цепь $ДК_1$ — на реактивный триггер $РТг_2$. Импульс, генерируемый реактивным триггером, дифференцируется и подается на второй вход схемы «И».

Обычно длительность импульса, генерируемого реактивным триггером, выбирается равной половине длины кодового импульса Сле-

довательно, если триггер был запущен короткой помехой, то совпадения сигналов в схеме «И» (поступающих с дифференцирующей цепи $ДК_2$ и выхода усилителя) не произойдет и сигнал на выходе схемы «И» будет отсутствовать (рис. 67, *б*). При поступлении с линии кодового импульса в схеме «И» происходит совпадение по времени управляющего импульса и импульса, генерируемого реактивным триггером. В результате на выходе появляется импульс сигнала.

Практическая схема сравнения приведена на рис. 68, где T_1 — транзистор усилителя; T_2, T_3 — транзисторы реактивного триггера; $Д_1$, $Д_2$ — диоды схемы «И». Дифференцирующая цепь $ДК_2$ состоит из резистора R_{10} и конденсатора C_3. Длительность импульса, гене-

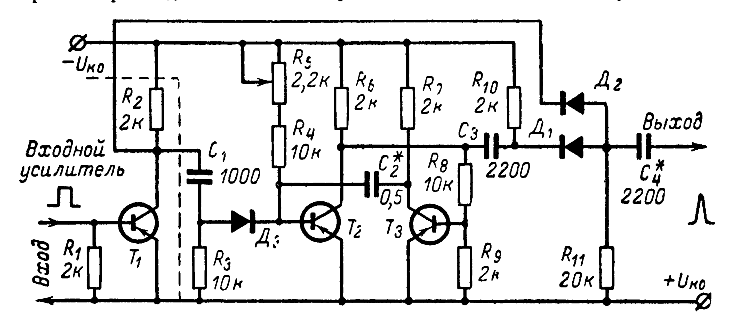


Рис. 68. Принципиальная схема помехозащитного устройства, основанного на принципе сравнения длительности импульсов, поступающих на вход, с длительностью импульсов, вырабатываемых местной схемой.

рируемого реактивным триггером, регулируется потенциометром R_5.

Выше был рассмотрен способ устранения помех, имеющих отличительные качества от кодовых импульсов. А как же защитить систему управления от ложного срабатывания при поступлении помех, не имеющих отличительных качеств? Напрашивается один ответ: передавать каждую команду дважды. Если при этом получится расхождение между двумя переданными командами, то можно заключить, что появилась ошибка. С помощью передачи команды трижды можно не только обнаружить, но и исправить ошибку, так как две из трех передач совпали бы, за исключением того случая, когда имеют место две или более ошибок.

Этот способ контроля и исправления ошибок основан на контроле по избыточной информации и реализуется в системе управления с число-импульсным кодом только для обнаружения ошибок следующим образом.

Вместо того, чтобы посылать каждую команду дважды, посылают одну с удвоенным числом импульсов, т. е. каждую команду передают четным числом импульсов. В этом случае обнаружение ошибки производится с помощью счетчика до 2 (триггер *Тг* со счетным входом, рис. 69), указывающего четность или нечетность поступающих импульсов. Этот счетчик в случае обнаружения ошибки за счет наличия ключа «И» не разрешает прохождения на выход схемы ложной команды

Триггер со счетным входом *Тг* после приема ложной команды возвращается в исходное состояние импульсом, генерируемым реактивным триггером $РТг_2$.

Таким образом, приемное устройство реагирует только на кодовые группы с четным числом импульсов. И всякий раз, когда в передаваемой команде число импульсов в кодовой группе за счет импульсов помех увеличивается или уменьшается на один импульс (при наличии одной помехи), команда воспринимается дешифратором как ложная и не передается в устройство управления.

Описанные схемы помехозащиты весьма эффективны и могут быть рекомендованы для применения.

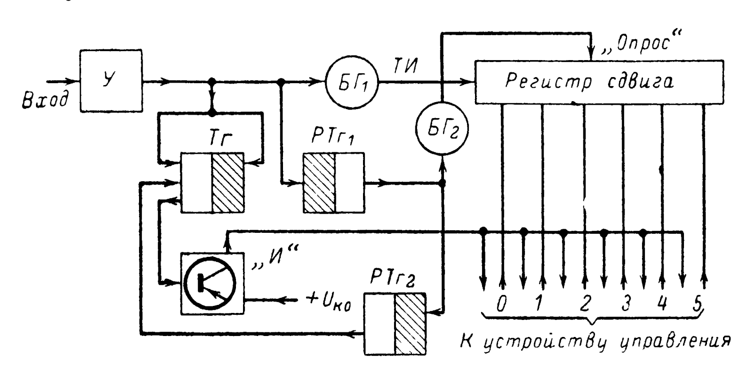


Рис. 69. Блок-схема дешифратора число-импульсного кода с распознаванием ошибок.

Кодо-импульсная стартстопная система управления по радио

Одним из основных достоинств число-импульсных схем является заманчивая простота построения подобных устройств. Однако эти системы весьма не экономичны в отношении использования канала связи при передаче большого числа команд, так как при этом значительно увеличивается время передачи каждой команды. Иначе говоря, этот код обладает большой избыточностью информации.

От этого недостатка свободны кодо-импульсные системы, в которых для передачи команд по линии связи используется небольшое число импульсов. Поэтому эти системы сами по себе более помехоустойчивые.

В кодо-импульсных системах могут быть применены различные качественные признаки и принципы образования кода. До настоящего времени практическое применение получил так называемый двоичный код. Этот код основан на использовании представления команд в виде двоичных чисел, где каждый разряд двоичного числа представляется в виде дискретных значений: «1» и «0».

Обычно каждая команда представляется двоичным числом с одинаковым количеством разрядов, так как при этом значительно упрощается построение аппаратуры. Двоичный код с одинаковым числом разрядов принято называть равномерным кодом.

В этом случае каждая команда представляется различным сочетанием двоичных разрядов и вместо термина к о д о в а я г р у п -

па импульсов, используемого в число-импульсной системе, применяется термин кодовая комбинация импульсов

Основным недостатком кодо-импульсных систем является некоторая сложность построения аппаратуры, главным образом дешифрирующих устройств, и поэтому подобные системы не находили широкого распространения. В недавнем прошлом большинство систем телеуправления как у нас, так и за рубежом основывалось на применении число-импульсных кодов

В настоящее время в связи с широким развитием вычислительной техники на базе бесконтактных средств коммутации были разработаны достаточно простые схемы дешифрации двоичных кодов, которые в свою очередь позволили значительно упростить кодо-импульсные системы управления.

Другой, более важной причиной широкого применения кодо-импульсных систем является простота сопряжения их с электронными вычислительными машинами дискретного действия, применяемыми для автоматического управления производственными процессами, в которых перерабатываемая информация представляется также в двоичном коде.

Принцип построения электронных устройств кодо-импульсных систем управления в основном тот же самый, что и электромеханических (см. рис. 55). Они также на передающей стороне, т е. у оператора, должны иметь стартстопный или синхронный распределитель и шифрирующее устройство, а на приемном конце, т. е. на управляемом объекте, — соответственно стартстопный или синхронный распределитель и дешифрирующее устройство.

Блок-схема одного из вариантов передающей части устройства, обеспечивающая стартстопное корректирование приемного распределителя, изображена на рис. 70. Она состоит из непрерывно работающего генератора импульсов *ГИ*; схемы «*И*», осуществляющей стартстопное включение передающего распределителя; ждущего блокинг-генератора *БГ*, продвигающего «1» в распределителе; распределителя импульсов, совмещенного с устройством шифрации; переключателя команд, подготавливающего передачу той или другой команды и служащего также для выключения питания всего устройства; пусковой кнопки; дифференцирующей цепи *ДК*, обеспечивающей однократное срабатывание триггера $Тг_1$ при нажатии пусковой кнопки; триггера $Тг_1$, обеспечивающего через схему «*И*» стартстопную работу распределителя; выходного электронного реле-триггера $Тг_2$; схемы «*НЕТ*», вырабатывающей обратный код, необходимый для управления триггером $Тг_2$.

Кнопка записи «1» служит для установки распределителя в начальное состояние после включения питания.

Передающее устройство рассчитано на передачу восьми команд Каждая команда передается последовательностью импульсов, представляющих двоичное число, которое состоит из пяти разрядов, например команда № 6—01101, где младший разряд является пусковым, последующие три — кодовыми и последний — стоповым.

В двоичной системе счисления такую последовательность импульсов принято называть последовательным кодом. Код чисел для восьми команд приведен в табл. 6.

Передающее устройство работает следующим образом. Допустим, что надо послать команду № 3. Устанавливаем переключатель команд в третье положение Нажимая пусковую кнопку, тем самым переключаем триггер $Тг_1$ в другое устойчивое состояние Триггер

Таблица 6

Код чисел для восьми команд

Номер команды	Стоповый импульс	Кодовые импульсы		Пусковой импульс	
		Номер разряда			
	5	4	3	2	1
0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	1
4	0	1	0	0	1
5	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1
7	0	1	1	1	1

Рис. 70. Блок-схема передающей части кодо-импульсной старт-стопной системы.

$Тг_1$, сработав, подключит через схему «*И*» ждущий блокинг-генератор *БГ* к генератору импульсов *ГИ*. Записанная **«1»** ***кнопкой записи «1»*** под действием тактовых импульсов, генерируемых блокинг-генератором *БГ*, будет передвигаться из одного сердечника распределителя в другой. Как только закончится цикл работы распределителя, т. е. когда с последнего сердечника будет записываться «1» в начало регистра сдвига, с этого же сердечника посылается сигнал в триггер $Тг_1$, который, придя в исходное состояние, отключит генератор импульсов от ждущего блокинг-генератора. Схема приходит в исходное состояние и становится готовой к новому запуску.

Распределитель во время своей работы подает сигналы в шифратор, который на каждом своем выходе выдает соответствующую

последовательность импульсов, присвоенную той или другой команде Последовательность импульсов, соответствующая команде № 3, через переключатель команд поступает в схему «*НЕТ*» и триггер $Тг_2$.

Схема «*НЕТ*» выдает импульсы только тогда, когда есть импульс на одном из ее входов, и не выдает, когда есть импульсы на обоих входах. Следовательно, при поступлении с переключателя кодовых импульсов триггер срабатывает, а при отсутствии их он под воздействием схемы «*НЕТ*» возвращается в исходное состояние.

Таким образом, с выхода триггера $Тг_2$ снимается последовательность импульсов постоянного тока, которыми затем модулируется радиопередатчик.

Частота задающего генератора *ГИ* должна быть выбрана такой, чтобы без дополнительных устройств блокировки пусковой кнопки оператор не успевал перекрывать одну команду другой. При пяти импульсах, передаваемых за один цикл работы передающего устройства, частота задающего генератора должна быть выбрана не менее 25 *гц*. Длительность каждого импульса при частоте 25 *гц* составит 40 *мсек*, а количество передаваемых команд в минуту — 300.

Для такой скорости передачи команд достаточна весьма узкая полоса пропускания канала связи порядка 40—50 *гц*. При таком узком канале связи высокая помехозащищенность обеспечивается самим каналом.

Принципиальная схема распределителя-шифратора приведена на рис. 71. Ее основой является регистр сдвига, замкнутый в кольцо (сердечники *1—5*). Эти сердечники служат: первый — для получения пускового импульса; второй, третий и четвертый — для получения кодовых импульсов и пятый — для разделения стоповым импульсом команд, следующих друг за другом.

Каждый сердечник регистра имеет три основные обмотки (*I—III*), образующие собственно регистр сдвига, и ряд дополнительных обмоток, образующих шифратор. Шифрирующие обмотки соединены так, что при продвижении «1» вдоль регистра в них возникает последовательность импульсов, соответствующая той или другой команде.

Запись «1» в регистр сдвига, замкнутого в кольцо, осуществляется разрядом конденсатора *С* (при нажатии кнопки записи «1») на записывающую обмотку *IV*. При этом сердечник *1* переводится в состояние «1», а остальные сердечники — в состояние «0».

Сердечник *6* является помехозащитным. Число витков на каждой обмотке этого сердечника берется равным сумме витков, находящихся на шифрирующих обмотках.

Сброс триггера $Тг_1$ (см. рис. 70) в конце цикла работы регистра осуществляется напряжением, возникающим в обмотках *XIII* при перемагничивании сердечника *5* тактовым импульсом из состояния «1» в состояние «0».

Следует отметить, что логический элемент «*НЕТ*», приведенный на блок-схеме на рис. 70, как таковой отсутствует. Его роль выполняет сам триггер $Тг_2$ за счет того, что на его правый вход с блокинг-генератора непрерывно подаются импульсы по амплитуде несколько меньшей величины, чем на левый вход триггера, т. е. точно так же, как осуществлялось устройство «*ЗАПРЕТ*» во второй модели телеграфного ключа (см. стр. 28).

Схемы остальных устройств блок-схемы на рис. 70 точно такие же, как и в рассмотренных выше принципиальных схемах.

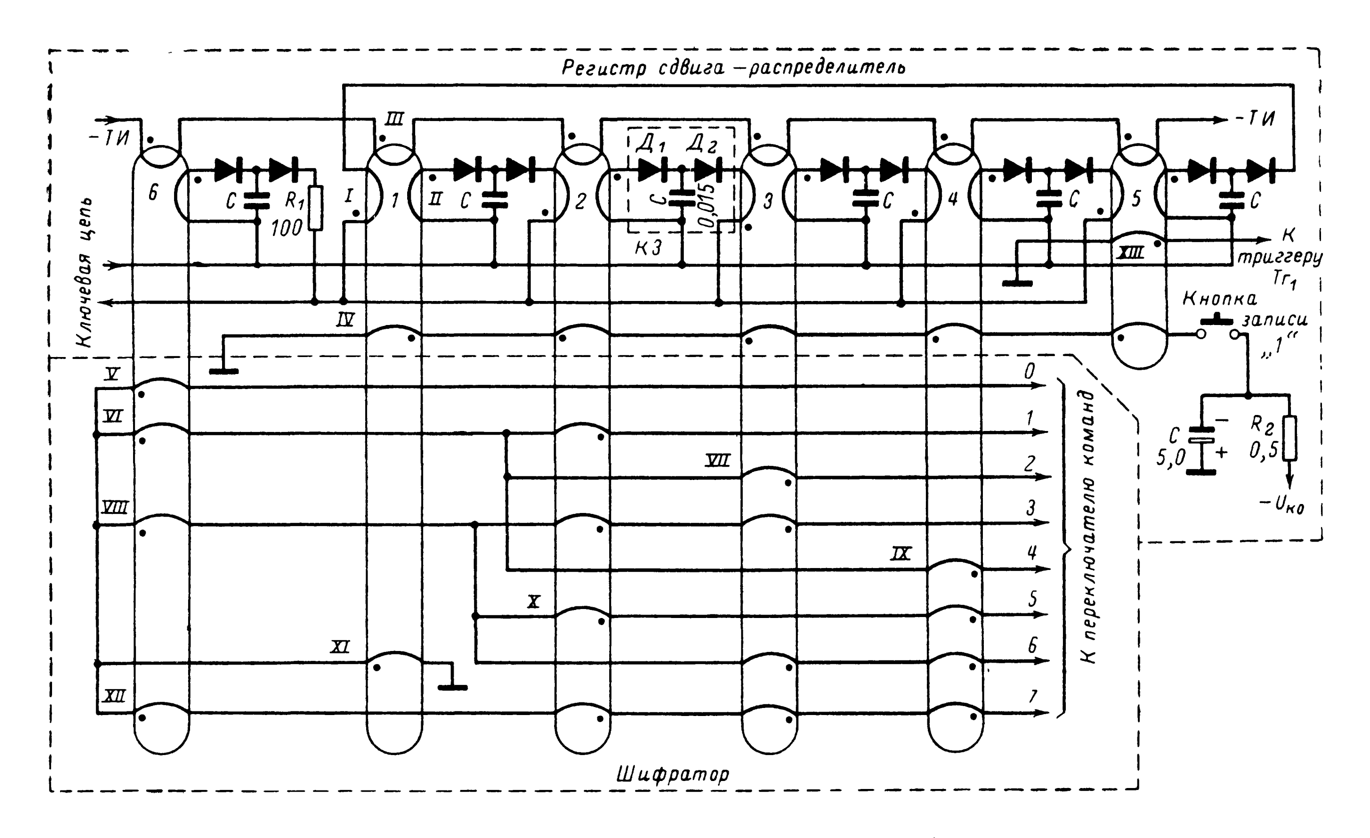


Рис. 71. Принципиальная схема распределителя-шифратора.

Блок-схема приемной части изображена на рис. 72. Она состоит из усилителя сигналов *У*, реактивного триггера *РТг*, осуществляющего запуск приемного устройства в середине стартовой посылки, т. е. в наиболее неискаженной части посылки; схемы «$И_1$», которая совместно с реактивным триггером *РТг* исключает запуск приемного устройства (триггера *Тг*) импульсами помех, имеющими длительность меньше длительности импульса, генерируемого реактивным триггером; триггера *Тг*, управляющего работой блокинг-генератора *БГ*. Последний служит для продвижения «1» в распределителе, который

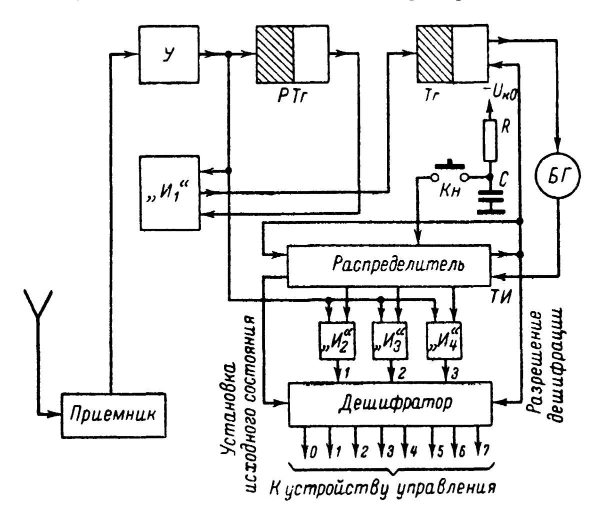


Рис. 72. Блок-схема приемной части кодо-импульсной стартстопной системы.

размеряет цикл работы приемного устройства и, в частности, с его помощью принятые с канала связи кодовые импульсы направляются на соответствующие входы дешифратора.

Дешифратор служит для распознавания принятых кодовых комбинаций и последующего их направления на соответствующие входы устройства управления.

Схемы «$И_2$» — «$И_4$» совместно с распределителем направляют принятые кодовые импульсы на соответствующие входы дешифратора.

Работа приемного устройства происходит следующим образом. Допустим, что с выхода приемника принята команда № 4. Тогда с приходом первого стартового импульса транзистор усилителя открывается и фронтом импульса запускается реактивный триггер *РТг*.

Как только *РТг* возвратится в исходное состояние, с его выхода в схему «$И_1$» поступит короткий импульс, задержанный на половину длины стартового импульса. Если при этом импульс тока на входе усилителя не исчез, т. е. это был не ложный импульс, то на выходе схемы «$И_1$» появится сигнал, от которого сработает триггер *Тг*. Последний запустит блокинг-генератор *БГ*, который будет генерировать

импульсы с частотой импульсов, поступающих на вход приемного устройства, до тех пор, пока триггер *Тг* не возвратится в исходное состояние от воздействия импульса, подаваемого с выхода распределителя.

Во время работы блокинг-генератора *БГ* происходит продвижение «1» в распределителе (регистре сдвига, замкнутым в кольцо). В момент приема стартового импульса в регистре сдвига «1» переходит из первой ячейки во вторую. В это время с распределителя подается управляющий сигнал установки дешифратора в исходное состояние, которым устанавливаются триггеры дешифратора в исходное состояние (см. схему на рис. 73).

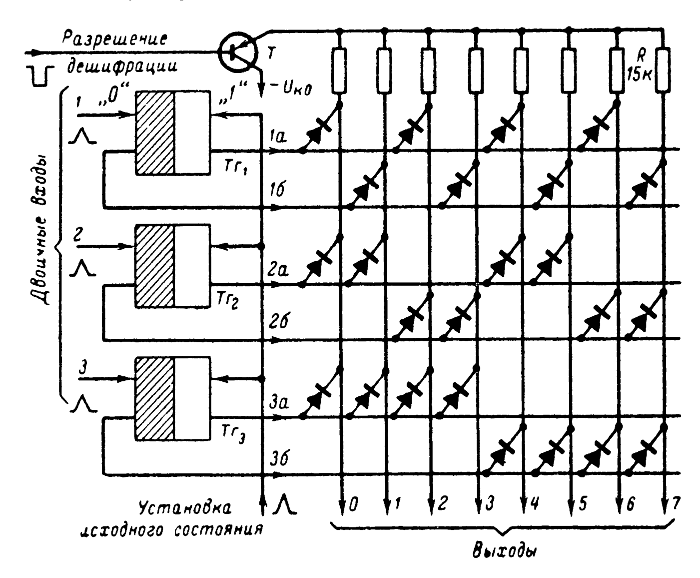


Рис. 73. Дешифратор на диодах.

В моменты последующего продвижения «1» вдоль регистра сдвига посредством схем «$И_2$» — «$И_4$» происходит распределение принятых кодовых импульсов по соответствующим входам дешифратора. В частности, при приеме команды № 4 откроется схема «$И_4$» и на третьей вход дешифратора поступит управляющий сигнал.

При поступлении с канала связи стопового сигнала в распределителе происходит считывание «1» с последней (пятой) ячейки и ее запись в первую ячейку, и одновременно с выхода распределителя выдается сигнал, разрешающий дешифрацию. С четвертого выхода дешифратора поступит управляющий сигнал, соответствующий команде № 4.

На этом цикл работы приемного устройства оканчивается, и схема оказывается готовой к приему следующей команды.

Схема дешифратора приведена на рис. 73. Она состоит из триггеров $Тг_1$ — $Тг_3$, диодной матрицы и транзистора *Т*, разрешающего производить дешифрацию

Триггеры выполняют роль как запоминающих устройств, так и устройств, необходимых для получения прямого и обратного кодов. Получение прямого и обратного кодов, необходимых для дешифрации двоичных кодов, достигается за счет того, что триггеры имеют парафазные выходы.

Вертикальные прямые *0—7* представляют собой выходы дешифратора; по ним передается выходной сигнал, так что каждый выход соответствует только одному определенному двоичному числу — команде, количество которых в данном случае может быть равно $8(2^n = 2^3 = 8$, где n — число двоичных разрядов).

Каждый выход через большое развязывающее сопротивление резистора R и управляемый транзистор T соединен с источником отрицательного напряжения, а через диоды — с парафазными выходами триггеров. Последние приводятся в исходное состояние положительным сигналом, подаваемым на шину *«Установка исходного состояния»*. Этот сигнал поступает с контура задержки (*КЗ*) первой ячейки распределителя.

В исходном состоянии во всех триггерах левые транзисторы находятся в отпертом состоянии («0»), а правые — в запертом («1»). С запертых транзисторов на диоды подается запирающее напряжение. В данном случае закрытыми окажутся диоды, подключенные к нулевой вертикальной шине, т. е. эта шина в случае открывания транзистора T будет находиться под отрицательным напряжением, снимаемым через сопротивление резистора R. Остальные вертикальные шины будут находиться почти под нулевым потенциалом, так как их выходы будут зашунтированы открытыми диодами.

Назначение транзистора T — исключить появление ложных сигналов на выходе дешифратора в момент поочередного поступления двоичных разрядов кодовой комбинации. Поэтому этот транзистор открывается только в конце приема кодовой комбинации на короткое время, достаточное для приведения в действие соответствующего устройства управления.

Если на двоичные входы подана кодовая комбинация, например 100, относящаяся к команде № 4 (см. табл. 6), переключается триггер $Тг_3$. Диоды, подключенные к горизонтальным шинам *1а*, *2а* и *3б*, закрываются, а все остальные диоды открываются. Как только поступит сигнал, разрешающий дешифрацию, так на четвертой вертикальной шине появится сигнал отрицательной полярности.

По такому же принципу можно построить дешифраторы и на большее число команд; разница будет только в том, что потребуется большее число диодов и триггеров.

Элементы схем рис. 71 и 72 не приводятся. Они точно такие же, как и в рассмотренных ранее схемах. Например, схема усилителя импульсов — инвертора приведена на рис. 44; схемы «$И_1$» — «$И_4$» — на рис. 7; схема регистра сдвига на рис. 71 и т. д. Но при этом следует отметить, что разделительные конденсаторы в схемах «$И_2$» — «$И_4$» должны быть подсоединены к конденсаторам контуров задержки (*КЗ*) регистра сдвига — распределителя. Общая шина конденсаторов *КЗ* должна иметь соединение с общей точкой схемы — с $+U_{ко}$. Вторые входы схем совпадений (потенциальные) соединяются через резисторы с коллектором усилительного транзистора. То же самое и для схемы «$И_1$»: она с усилителем $У$ имеет потенциальную связь (через резистор) и реактивным триггером — импульсную (через конденсатор). Поскольку транзистор T (рис. 73) является эмиттерным повторителем, то на базу необходимо подавать импульс напряжения

отрицательной полярности. В то же время с контуров задержки *КЗ* ячеек распределителя поступают импульсы положительной полярности, поэтому последний сигнал необходимо инвертировать с помощью дополнительного транзистора, включенного по схеме на рис. 44. На базу этого транзистора необходимо подать отпирающее напряжение — $U_{ко}$ через резистор порядка 10 *ком*, а связь базы транзистора с контуром задержки должна осуществляться через разделительный конденсатор емкостью порядка 2 000 *пф*.

Недостатком рассмотренного устройства является малая стабильность частоты блокинг-генератора *БГ* (см. рис. 72) при изменении напряжения источника питания. Этот недостаток для стартстопной

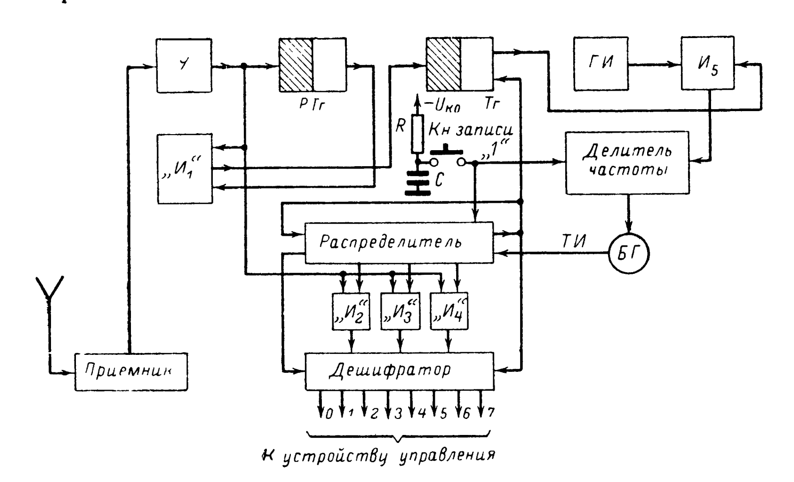


Рис. 74. Блок-схема приемного устройства с непрерывно работающим местным генератором *ГИ*.

системы с малым числом кодовых импульсов не так важен, так как допустимый уход частоты в этом случае может составлять около 10%, и, кроме того, частоту *БГ* можно легко подстроить во время работы изменением частоты задающего генератора передающего устройства.

Однако последнее для некоторых устройств может быть нежелательным. Поэтому для систем более высокого класса можно рекомендовать вариант схемы с непрерывно работающим высокостабильным генератором, подключаемым ключом «*И*» на время приема кодовой комбинации.

Блок-схема приемной части с непрерывно работающим генератором приведена на рис. 74, где непрерывно работающий генератор *ГИ* подключается к схеме ключом $И_5$ при срабатывании триггера *Тг*. Для того чтобы уменьшить расхождение фазы между необходимым моментом фиксации, поступающих с *ГИ*, частоту следования импульсов последнего необходимо выбирать не менее чем в 20 раз выше частоты следования импульсов, поступающих с канала связи, понижая затем частоту *ГИ* делителем частоты. В этом случае момент фиксации поступающих из канала связи кодовых импульсов будет изменяться не более чем на ±5%. Такое приемное устройство будет

способно правильно принимать кодовые импульсы, удлиненные или укороченные импульсами помех до ±45% (идеальные системы допускают укорачивание или удлинение импульсов на ±50%). В остальном схема подобна схеме, приведенной на рис. 72.

Если в рассмотренных устройствах число передаваемых команд окажется недостаточным, их можно увеличить за счет увеличения числа кодовых импульсов. Но при этом потребуется удлинять время передачи каждой команды и повышать частотную стабильность задающих генераторов. При уменьшении времени передачи каждого импульса (чтобы сохранить прежним общее время передачи одной команды) будут ухудшаться условия прохождения импульсов в канале связи. Однако увеличение числа кодовых импульсов до 6—8 и повышение частоты до 60—70 *гц* вполне допустимы.

Есть другой способ увеличения числа передаваемых команд, который не требует укорачивания импульсов. Этот способ основан на применении так называемого регистрового кода, заимствованного из телеграфии, сущность которого состоит в том, что на передающей станции из имеющихся датчиков команд два отводятся под регистровые комбинации. В этом случае все комбинации делятся на две части: основные и вспомогательные, например так, как это сделано в пишущих машинках, где для отпечатывания заглавных букв необходимо сначала нажать соответствующий регистр. То же самое происходит и при электронном управлении; например, чтобы передать команды, относящиеся к вспомогательным, сначала посылают регистровую комбинацию.

На приемном конце регистровые комбинации дешифрируются, и при получении одной из них, например первой, в местных цепях добавляется кодовый импульс, а при получении второй — этот импульс выключается. В результате этого получаем как бы один дополнительный кодовый импульс. Тогда при трех кодовых импульсах, фактически посылаемых в линию, получим $2^{3+1}-2^2=12$ комбинаций. При четырехзначных комбинациях получим $2^{4+1}-2^2=28$ комбинаций и т. д.

Достоинством регистрового кода является также и то, что на каждые две команды необходимо иметь только один датчик, который на одном регистре будет посылать одну команду, а на другом — другую.

Регистровый способ увеличения количества передаваемых команд по каналу связи практически хорошо себя зарекомендовал.

Способы повышения помехозащищенности кодо-импульсных систем управления

Повышение помехозащищенности систем управления можно произвести множеством различных способов.

Самым простым способом является уменьшение скорости передачи, т. е. увеличение длительности элементарной посылки. Так, при увеличении длительности посылки в 2 раза вероятность ее искажения помехами, возникающими в канале связи, в этом случае уменьшается на два-три порядка. Например, если при какой-то скорости передачи на каждые переданные 100 элементарных посылок приходилось одна неправильно принятая, то при уменьшении скорости передачи в 2 раза одна неправильно принятая посылка будет приходить в среднем на каждые 10 000—100 000 посылок. Естественно,

что к этому методу прибегают там, где допустимы малые скорости передачи.

Этот метод находит широкое применение в адаптивных — приспосабливающихся системах управления Такие системы, как правило, работают с переменной скоростью.

Рассмотрим, например, коротковолновый радиоканал. При нормальном распространении радиоволн наблюдается отличный прием сигналов, а при замираниях сигналов — федингах — появляются всевозможные «хрипы» — качество канала резко ухудшается. На таких каналах приспосабливающаяся система хорошо себя оправдывает. При хорошем качестве канала передача информации ведется с максимально возможной скоростью, а при ухудшении качества канала скорость автоматически снижается до величины, необходимой для нормального приема информации. Конечно, в этом случае передается самая важная информация.

О качестве канала в таких системах обычно судят по величине краевых искажений принимаемых посылок, или по числу обнаруженных ошибок на каком-то отрезке времени. Последний метод ниже будет рассмотрен более подробно.

Другим немаловажным путем повышения помехоустойчивости является метод обратного контроля. В этом методе та или другая команда передается до тех пор, пока не будет получено подтверждение о ее правильном приеме. В этой же системе при всяких случайных изменениях на управляемом объекте по обратному каналу немедленно посылается уведомление. Получив это уведомление, передающая станция возвращает автоматически управляемый объект в установленное состояние.

Помехозащищенность и, следовательно, надежность управления можно увеличить путем улучшения характеристик канала связи (улучшением каналообразующей аппаратуры), либо путем рациональной передачи сигнала.

Увеличение надежности передачи за счет улучшения характеристик каналообразующей аппаратуры, хотя бы на порядок, представляет исключительно сложную техническую задачу.

Поэтому в последнее время получил распространение метод рациональной передачи сигнала, смысл которого заключается в искусственном введении добавочной избыточности в сигнал (команды).

Добавочную избыточность наиболее целесообразно вводить во временной параметр сигнала. При этом неизбежно должна увеличиться потеря какой-то части объема информации, предназначенной для передачи на заданном отрезке времени. Наиболее интересным из вышеприведенного для кодо-импульсных систем является применение помехоустойчивых кодов при одновременном их сочетании с синхронным способом передачи двоичной информации.

Помехозащищенные коды принято делить на коды, обнаруживающие ошибки, и коды, обнаруживающие и исправляющие ошибки.

В системах радиотелеметрии, имеющих систему обратного контроля, наибольшее применение находят коды, только обнаруживающие ошибки. С помощью таких кодов можно обеспечить любую заданную надежность управления.

Коды, исправляющие ошибки, в этих системах не находят применения из-за значительного усложнения аппаратуры. Не менее важно и то, что во время замирания сигналов увеличивается вероятность появления из помех ложных кодовых комбинаций. Это увеличение вызвано тем, что хаотические двоичные последовательности, посту-

пающие с выхода радиоприемного устройства и образующиеся из помех во время замирания сигналов, преобразуются исправляющим кодом в разрешенные комбинации. Последнее для систем телеуправления явно недопустимо.

В настоящее время разработано множество всевозможных кодов и, несмотря на это, работа в этом направлении продолжается. Мы рассмотрим методы построения только основных кодов, обнаруживающих ошибки.

Выше указывалось, что в системах с число-импульсным кодом для обнаружения ошибок, возникающих при передаче команд по каналу

Таблица 7

Код с обнаружением ошибок (для восьми команд)

Номер команды	Номер разряда кодовых импульсов			
	4	3	2	1
1	0	0	0	0
2	0	0	0	1
3	0	0	1	0
4	0	1	0	0
5	1	0	0	0
6	0	0	1	1
7	0	1	1	0
8	1	1	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	0	1	0	1
12	0	1	1	1
13	1	1	1	0
14	1	1	0	1
15	1	0	1	1
16	1	1	1	1

связи, необходимо было увеличить число импульсов и интервалов в 2 раза. В кодо-импульсной системе для этой цели необходимо добавить всего только один кодовый импульс. При этом не требуется усложнять схему аппаратуры.

Допустим, что требуется построить аппаратуру на восемь команд с обнаружением ошибки. В обычной аппаратуре необходимо было иметь три кодовых импульса, что позволяло получать $2^3=8$ команд. В аппаратуре с обнаружением ошибки необходимо передавать четыре кодовых импульса, что позволит получить $2^4=16$ команд. Код этих команд приведен в табл 7.

Если мы из этих команд будем передавать только команды, содержащие четное количество «1» (в табл. 7 команды 1, 6, 7, 8, 9, 10, 11 и 16) или нечетное количество «1», то получим код с обнаружением ошибки, т. е. обнаружение ошибки достигается за счет увеличения избыточности информации. Например, передаем команду № 6, которой соответствует код 0011. Предположим, что вследствие помех пропал кодовый импульс первого разряда; тогда в дешифратор поступит комбинация 0010, соответствующая команде № 3, которая дешифратором не дешифрируется и не будет воспринята приемным устройством. При добавлении одной «1» в приемное устройство поступит комбинация 0111 или 1011, которые также дешифратором не дешифрируются. Следовательно, при любом появлении в кодовой комбинации одной ошибки эта комбинация приемным устройством не воспринимается.

На приеме обычно все выходы дешифратора, на которых появляются неразрешенные кодовые комбинации, с помощью схем «ИЛИ» объединяются и используются для контроля за качеством канала.

Практически код с проверкой на четкость в системах телемеханики почти не находит применение из-за сравнительно малой помехозащищенности. Довольно часто встречаются случаи, когда в одной кодовой комбинации бывают искаженными два разряда, при которых такие ошибки в комбинации не обнаруживаются.

Наибольшее применение находят коды с двойной избыточностью, позволяющие обнаруживать до трех ошибок в одной кодовой комбинации. Большинство таких кодов строится путем образования кодовых комбинаций, элементы которых логически связаны с помощью сумматоров по модулю два.

Двоичные разряды, несущие информацию, принято называть основными, а избыточные — поверочными. В некоторых кодах в начале передаются основные разряды, а затем — поверочные. В других кодах такого разделения произвести невозможно. Естественно, наиболее просто построить код первого вида.

Всю кодовую комбинацию можно набрать с помощью диодов. Однако такой способ является неэкономичным. Проще и экономичнее набрать с помощью диодов код информационных разрядов, а затем, зная алгоритм получения поверочных символов, одним общим устройством образовать к ним поверочные символы.

Основой такого устройства явятся логические схемы, выполняющие сложение по модулю два Для такого сложения справедливы следующие правила:

$$X \oplus 0 = X;$$

$$X \oplus 1 = \overline{X};$$

$$X \oplus X = 0;$$

$$X \oplus \overline{X} = 1,$$

где знак $\oplus$ означает сложение по модулю два, а черта сверху — замену символа на противоположный (инвертирование). X может принимать значение двоичного «0» или «1». Операцию сложения по модулю два наиболее просто можно выполнить триггером со счетным входом.

Первым кодом с высокой обнаруживающей способностью был код Хэмминга, который и в настоящее время находит широкое применение.

Если обозначить через a — основные символы кода, а через $б$ — поверочные, которые следуют за основными, то закон образования кода Хэмминга для пятиэлементного основного кода будет следующий:

$$б_1 = a_1 \oplus a_2 \oplus a_4 \oplus a_5;$$

$$б_2 = a_1 \oplus a_3 \oplus a_4;$$

$$б_3 = a_2 \oplus a_3 \oplus a_4;$$

$$б_4 = a_5;$$

$$б_5 = a_1 \oplus a_2 \oplus a_3 \oplus a_5.$$

Комбинация, посылаемая в канал связи, будет иметь следующий вид (читая справа налево):

$$б_5 б_4 б_3 б_2 б_1 a_5 a_4 a_3 a_2 a_1.$$

Допустим, что с датчика команд посылается пятиэлементная комбинация 10110, то после введения избыточности в соответствии с алгоритмом Хэмминга в канал связи будет послана следующая десятиразрядная комбинация 1101010110.

Расчеты и эксперименты показывают, что вероятность появления необнаруживаемой ошибки при передаче таким кодом составляет величину менее, чем $1 \cdot 10^{-7}$ по кодовым комбинациям.

Как уже указывалось выше, для нормальной работы синхронных систем, обладающих повышенной помехозащищенностью по сравнению со стартстопными, необходимо осуществлять синхронизацию по импульсам и фазирование по циклам.

Ниже показано, что для фазирования по циклам можно использовать ту же избыточность, которая вводится в сообщение для повышения достоверности передачи. Это позволит увеличить эффективность использования канала связи.

Естественно, что при составлении кодов основное внимание обращается на их способность обнаруживать ошибки. Однако при передаче синхронным способом возникает не менее важное требование, а именно, способность кода вводить систему в синхронизм по кодовым словам — циклам. Дело в том, что нарушение синхронизма по циклам исключает возможность правильного приема переданной информации и может, кроме того, привести к появлению необнаруживаемых ошибок.

Поэтому возникает потребность в таких кодах, которые позволяли бы обнаруживать большинство ошибок, возникающих при рассогласовании синхронизма по циклам.

Такую задачу в ряде случаев можно решить путем линейных преобразований известных кодов без изменения их избыточности. Для примера вновь рассмотрим код Хэмминга. Например, если посылается комбинация 00000, то после ее преобразования по указанному ал-

горитму в канал связи будет послана следующая двоичная последовательность:

0000000000

Допустим, что на приеме произошло рассогласование по циклу на один шаг в сторону отставания Тогда на приеме обратное преобразование основных символов начнется не с первого разряда, а со второго так, как показано на вышеприведенной двоичной последовательности квадратной скобкой. В результате для этой двоичной последовательности, являющейся в данном случае информационной, получим следующую двоичную последовательность поверочных символов: 0000000000.

Сравнивая поверочные символы, принятые из канала связи, с поверочными символами, полученными на приеме после логического преобразования, можем заметить, что несовпадение поверочных символов, а следовательно, и обнаружение ошибки произойдет в том случае, если на передаче последующая комбинация начнется не с 0, а с 1.

Если принять, что все команды ($2^5=32$) при передаче сигналов телеуправления появляются с равной вероятностью, то, производя соответствующие математические расчеты, можно показать, что при рассогласовании в любую сторону на один шаг вероятность обнаружения составит 0,875. Это значит, что из 1 000 случаев рассогласование будет обнаружено только в 875 случаях и в 125 случаях рассогласование будет не обнаружено. При больших величинах рассогласования вероятность обнаружения приближается к величине, равной 0,5.

Чтобы данная конструкция кода позволяла лучше обнаруживать ошибки при рассогласовании фазы по циклам, необходимо его реконструировать. Примером такой реконструкции может явиться инвертирование одного из поверочных символов. Такой прием широко используется в устройствах цифровой автоматики для исключения цепей, возникающих при порче отдельных элементов.

Этот способ исключения подобных функций не является единственным. Для данной цели возможно применить любые другие линейные операции, и в том числе перестановку кодовых элементов.

В соответствии с вышеуказанным произведем инвертирование у последнего поверочного символа. Тогда алгоритм кода Хэмминга будет иметь следующий вид:

$$б_1 = a_1 \oplus a_2 \oplus a_4 \oplus a_5;$$
$$б_2 = a_1 \oplus a_3 \oplus a_4;$$
$$б_3 = a_2 \oplus a_3 \oplus a_4;$$
$$б_4 = a_5;$$
$$б_5 = \overline{a_1 \oplus a_2 \oplus a_3 \oplus a_5}.$$

Реконструированный код Хэмминга позволяет обнаруживать рассогласования как в сторону опережения, так и в сторону отставания на один и два шага с вероятностью 1, а при рассогласовании на три и более шагов до семи шагов включительно с вероятностью 0,969. Рассогласования на восемь и девять шагов приводит к таким же результатам, как и рассогласования на два и один шагов, т. е. обнаруживаются с вероятностью, равной 1. Итак, в результате инвертирования последнего символа кодовой комбинации обнаруживающая способность кода резко увеличивается.

Следует отметить, что некоторые из известных кодов при той же избыточности, что и у рассмотренного кода, позволяют при инвертировании одного из поверочных символов обнаруживать рассогласования в пределах одной кодовой комбинации на любое количество шагов с вероятностью, равной 1. Например, таким свойством обладает рекуррентный код Хегельбергера.

Следовательно, применяя инвертирование одного из поверочных символов, возможно использовать избыточный код для лучшего обнаружения фазового рассогласования. При этом ошибка фазового рассогласования определяется тем же устройством, которым обнаруживаются ошибки, возникающие в канале связи в результате воздействия помех. Поэтому, чтобы отделить случай нарушения синхронизма от случая искажения кодовой последовательности помехами, потребуется иметь дополнительное решающее устройство.

Реконструированный код, кроме рассмотренного, может быть использован для выключения радиоканала при замираниях сигналов и для образования адресов при управлении с одного пункта группой объектов. Эти два вопроса решаются с помощью весьма простых дополнительных устройств.

Кодо-импульсная синхронная система управления по радио

Синхронные системы, как известно, сами по себе являются более помехоустойчивыми, чем стартстопные, а при введении в передаваемые команды соответствующей избыточности и дополнении системы устройством обратного контроля исполнения передаваемых команд, то вообще можно обеспечить любую заданную надежность исполнения передаваемых команд.

Описываемый вариант системы управления рассчитан на передачу 32 команд, образуемых пятиэлементным кодом. Для обнаружения ошибок, возникающих при передаче в канале связи, к основным элементам кода добавлено пять поверочных разрядов, т. е. передача осуществляется 10-разрядным кодом, обнаруживающим ошибки.

Преобразование основного кода в код, обнаруживающий ошибки, осуществляется по следующему алгоритму:

$$б_1 = a_1;$$

$$б_2 = a_1 \oplus a_2;$$

$$б_3 = a_1 \oplus a_2 \oplus a_3;$$

$$б_4 = a_1 \oplus a_2 \oplus a_3 \oplus a_4;$$

$$б_5 = \overline{a_1 \oplus a_2 \oplus a_3 \oplus a_4 \oplus a_5},$$

где a — основные разряды кода;

$б$ — поверочные разряды кода.

Обнаруживающая способность такого кода несколько ниже, чем у описанного выше кода Хэмминга, однако алгоритм этого кода очень просто реализуется технически.

В рассматриваемом варианте системы управления в основу положены следующие принципы работы аппаратуры:

1. Передаваемые команды разбиты на функциональные группы, в которых может быть передана только одна команда. Например, группа из двух команд: «включено» и «выключено» или, например,

группа из трех команд· «руль влево», «руль прямо», «руль вправо» и т. д

2. Передача команды из той или другой функциональной группы производится непрерывно до тех пор, пока по обратному каналу связи не придет подтверждение об ее исполнении.

3. Если на управляемом объекте, в результате каких-то случайных факторов, происходит изменение заданного состояния, то о последнем по обратному каналу посылается уведомление. В этом случае с передающего комплекта автоматически вновь посылается ранее переданная команда для возвращения управляемого объекта в заданное состояние

4. При переводе оператором на передачу одновременно нескольких ключей из разных функциональных групп первоначально будет передаваться команда из первой группы, затем из второй и т. д. Переход к передаче последующей команды происходит после получения сигнала, уведомляющего исполнение предыдущей команды.

Техническая реализация такой программы передачи, как будет показано ниже, достаточно проста Однако она имеет следующий эксплуатационный недостаток.

Допустим, необходимо произвести перестройку управляемого объекта, т. е. необходимо передать ряд команд из разных функциональных групп. Сигналы о выполнении той или другой команды, как правило, передаются с самого управляемого объекта после отработки им полученной команды. Поэтому от момента приема команды до выдачи сигнала об ее исполнении может пройти значительное время, определяемое скоростью· отработки команды управляемым объектом. Если команда принята после передачи первой кодовой комбинации, то последующие передачи команд до поступления сигнала о ее исполнении будут передаваться вхолостую. Это в конечном итоге приведет к неоправданному увеличению времени всей перестройки управляемого объекта, что в некоторых случаях может быть недопустимым.

От указанного недостатка свободна программа передачи управляющих сигналов, составленная по следующему принципу. Допустим, необходимо передать на объект последовательно три команды. Первоначально передаются по очереди однократно каждая команда Предположим, что все три команды приняты, но в результате управляемым объектом отработана только вторая команда. Тогда при повторной передаче будет передаваться только первая и третья команды. В этом случае, предположим, принята и отработана только третья команда. Следовательно, начиная с третьего цикла передачи будет передаваться непрерывно только первая команда до тех пор, пока не будет получен сигнал об ее исполнении.

Техническая реализация такой программы по сравнению с первой будет несколько сложнее. Поэтому нами будет рассмотрен принцип построения аппаратуры, реализующей только первую программу, по аналогии нетрудно будет реализовать и вторую программу передачи управляющих сигналов.

Блок-схема синхронной системы с обратным контролем исполнения команд приведена на рис. 75. Установка команд той или другой функциональной группы осуществляется ключами *Кл*. Для простоты рассмотрения на схеме показаны ключи только на два положения. Основной код команд формируется диодной кодирующей матрицей.

Весь цикл работы передающего устройства системы, в том числе и диодной матрицы, определяется распределителем циклов, схема ко-

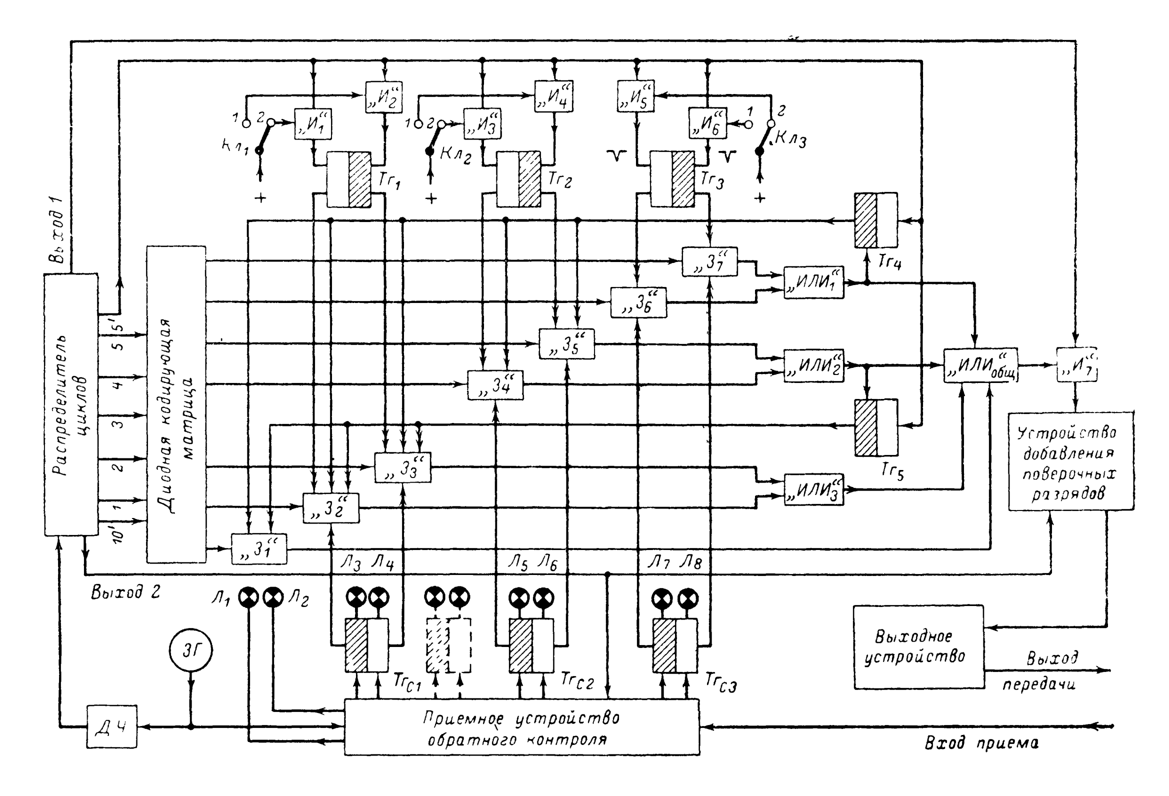


Рис. 75. Блок-схема передающего комплекта кодо-импульсной синхронной системы.

торого показана на рис. 76. Он состоит из 20 феррит-диодных ячеек и имеющих соответственно 20 выходов. Нечетные выходы служат для формирования кода, а четные — для вспомогательных целей.

Перед началом каждой кодовой комбинации с кодирующей матрицы посылается пусковой импульс, который располагается во времени между последним разрядом кодовой комбинации и первым. Для этой цели в кодирующую матрицу подан сигнал с выхода распределителя *10'*.

Включение того или другого выхода диодной матрицы осуществляется одной из схем «ЗАПРЕТ» «$З_1$—$З_7$». На рис. 75 показан момент, когда все команды на управляемом объекте отработаны. На индикаторном табло горят правые лампы $Л_4$, $Л_6$ и $Л_8$ На все схемы «ЗАПРЕТ», за исключением «$З_1$», поданы запрещающие сигналы либо с триггеров, сигнализирующих о работе системы $Тг_{с1}$—$Тг_{с3}$, либо с командных триггеров $Тг_1$—$Тг_3$. С кодирующей матрицы через схему «ЗАПРЕТ» «$З_1$» в канал связи поступает комбинация «Покой».

Эта комбинация выбирается с большим числом переходов от «0» к «1» и наоборот. По ней на приеме в отсутствие команд устанавливается синхронизм по импульсам и по циклам, а также определяется исправность канала связи от передающего комплекта к исполнительному. В случае неисправности последнего на индикаторном табло загорается лампа $Л_1$. Лампа $Л_2$ загорается при неисправности обратного канала связи, т. е. от исполнительного комплекта к распорядительному.

Допустим, что в какой-то момент времени ключ $Кл_3$ переведен в положение *1*. Как только окончится передача основных кодовых элементов предыдущей команды (в данном случае комби-

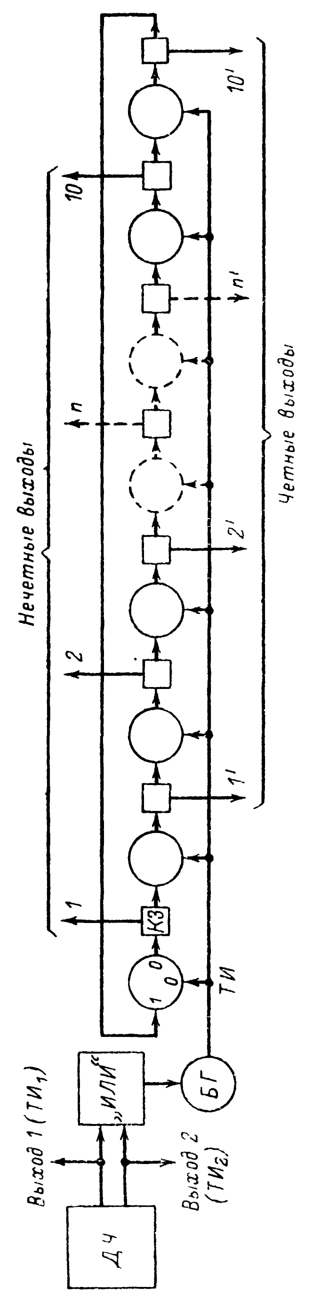


Рис 76 Распределитель циклов с парафазными выходами (четные и нечетные выходы).

нации «Покой»), через схему «$И_6$» на отпертый транзистор триггера $Тг_3$ будет подан управляющий импульс с выхода распределителя *5'*. Триггер $Тг_3$ сработает.

При срабатывании триггера $Тг_3$ со схемы «$З_6$» запрещающий сигнал снимается, а на «$З_7$» — включается. С выхода кодирующей матрицы через схему «$З_6$», «$ИЛИ_1$», «$ИЛИ_{общ}$», «$И_7$», устройство добавления поверочных импульсов и выходное устройство в канал связи будет передана соответствующая команда.

Одновременно эти же импульсы поступят с выхода «$ИЛИ_1$» на вход триггера $Тг_4$. Триггер сработает от пускового импульса кодовой комбинации, поступающего с выхода распределителя *10'*. На все схемы запрет, расположенные ниже схемы «$З_6$», т. е. «$З_1$» — «$З_5$», будет подан запрещающий сигнал. В результате выключится передача любой из кодовых комбинаций, передаваемых через одну из схем запрет «$З_1$» — «$З_5$». В данном случае выключится передача комбинации «Покоя» Следовательно, пусковой импульс, передаваемый в начале каждой кодовой комбинации, исключает возможность срабатывания триггера $Тг_4$ в произвольные моменты времени и соответственно выключение выходов кодирующей матрицы в произвольные моменты времени.

Схемы «$И_1$» — «$И_6$», управляемые с выхода распределителя 5^1, исключают образование ложных команд за счет несвоевременного выключения той или другой комбинации при срабатывании управляющих триггеров $Тг_1$—$Тг_3$.

Как только команда на исполнительном комплекте будет принята и отработана управляемым объектом, то по обратному каналу будет передано уведомление о ее исполнении. Сработает триггер $Тг_{с3}$ устройства сигнализации и зажжет на сигнализационном табло соответствующую лампу, которая укажет, что команда исполнена правильно. С левого выхода этого триггера поступит на схему «$З_6$» запрещающий сигнал Передача данной комбинации прекратится. Триггер $Тг_4$, вернувшись в исходное состояние, снимет запрещающий сигнал со схемы «$З_1$», в канал связи снова будет передаваться комбинация «Покой».

Рассмотрим другой случай передачи. Допустим, что передавалась кодовая комбинация через схему «ЗАПРЕТ» «$З_2$» и в это же время ключ $Кл_2$ перевели в другое положение. Сработает триггер $Тг_2$ и выключит запрещающий сигнал со схемы «$З_4$». От кодирующей матрицы через схему «ЗАПРЕТ» «$З_4$» пойдет новая комбинация, от которой сработает триггер $Тг_5$. Он подаст запрещающий сигнал на схему «$З_2$» и тем самым выключит ранее передаваемую команду. Из этого рассмотрения следует, что программа передачи дает одним командам перед другими преимущества в очередности их передачи в канал связи.

Схема «$И_7$» служит для исключения пускового импульса из кодовой комбинации, поступающей в устройство добавления поверочного кода. Для этой цели на второй вход схемы совпадения поданы импульсы с выхода *1* распределителя (рис. 76), которые по времени не совпадают с пусковым импульсом, поступающим с четного выхода (*10'*) распределителя Последнее достигается за счет начальной установки записи «1» в распределитель циклов (рис. 76) сигналом, поступающим с выхода *1*.

Выходное устройство служит для преобразования коротких импульсов, получаемых в распределителе циклов, в импульсы напряжения длительностью, равной элементарной посылке.

Устройство обратного контроля в принципе мало чем отличается от устройства приема и поэтому не рассматривается. Однако необходимо иметь в виду, что триггеры устройства сигнализации должны срабатывать в те моменты, когда оканчивается передача с кодирующей матрицы. При невыполнении этого условия могут образовываться ложные комбинации. Для исключения этого явления предусмотрена связь устройства приема обратного контроля с распределителем циклов передачи.

Следует заметить, что триггеры $Tг_1 — Tг_3$ служат и для исключения «дребезга» контактов ключей *Кл*, из-за которого могут образовываться ложные команды. Однако в принципе они могут отсутствовать. Тогда в кодирующей матрице должны формироваться не только основные разряды кода, но и поверочные. Последнее усложнит схему. Защита от «дребезга» контактов в этом случае будет осуществляться так же, как и от помех, возникающих в канале связи, за счет избыточного кодирования.

Блок-схема приемной части приведена на рис. 77. На ней принципиально новым элементом является интегрирующее устройство. Назначение остальных устройств уже было рассмотрено.

Как известно, помехоустойчивость системы во многом зависит от качества фильтрации принимаемого сигнала от помех. Чем уже полоса пропускания фильтров, тем больше помехоустойчивость системы. В то же время полоса пропускания приемных фильтров зависит от стабильности частоты передатчика

Зачастую полоса пропускания приемных фильтров значительно шире, чем полоса основных частот передаваемого сигнала. По этой причине на вход приемного устройства одновременно с полезными сигналами поступают и помехи.

В результате воздействия помех в кодовых посылках могут происходить как смещение фронтов, так и искажения в средней части импульса Последнее принято называть дроблением.

Суть дробления состоит в том, что, например, в средней части токового импульса (сигнал «1») происходит пропадание части импульса в одном или в нескольких местах, а в бестоковом (сигнал «0») — возникновение одного или нескольких паразитных токовых импульсов — всплесков.

Так как в большинстве случаев регистрация кодовых посылок производится по методу укороченного контакта, т. е. в средней части элементарного импульса, то очевидно, что дробление является наиболее опасным видом искажения для систем телеуправления.

Число ложных регистраций можно уменьшить за счет применения так называемого интегрального приема, в котором оценка сигнала происходит по среднему значению площади сигнала за один элементарный импульс либо по пороговому уровню так, как показано на рис 66, *б*.

Интегрирование можно производить либо с помощью *RC*-цепочек, либо дискретным способом. Последний способ имеет значительные преимущества, так как дискретные интеграторы не вносят краевых искажений в кодовые импульсы и в то же время позволяют очень быстро переходить с одной скорости передачи на другую. Поэтому в описываемом устройстве применен интегратор такого вида.

Показанное на блок-схеме рис. 77 регистрирующее устройство представляет из себя схему совпадений, осуществляющей регистрацию посылки в средней ее части

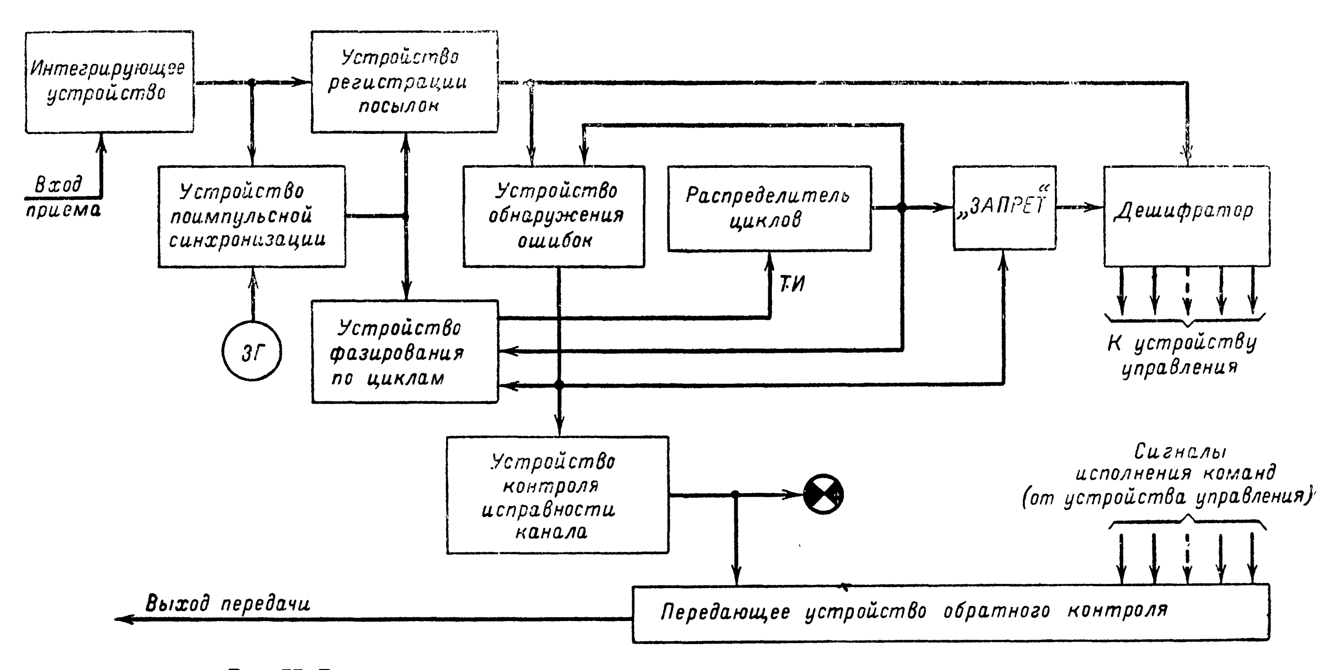


Рис. 77. Блок-схема приемного комплекта кодо-импульсной синхронной системы

Принцип работы основных узлов синхронной системы управления

Интегрирующее устройство дискретного действия. Схема устройства приведена на рис. 78, а диаграмма временных соотношений на рис. 79.

Интегрирующее устройство состоит из задающего генератора *ЗГ*; парафазного усилителя *ПФУ*, управляемого импульсами, поступающими с канала связи; двух вспомогательных триггеров $Тг_1$ и $Тг_2$, управляющих поступлением счетных импульсов на счетчики $СЧ_1$ и $СЧ_2$ после того, как поступит первая половина элементарной посылки; че-

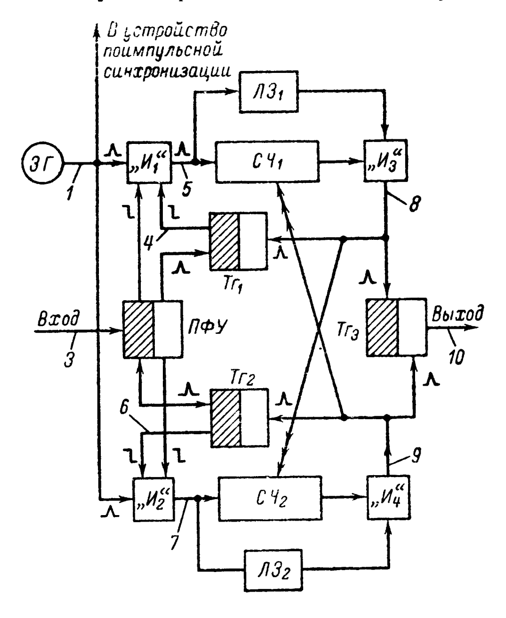


Рис. 78. Схема интегрирующего устройства дискретного действия.

тырех схем совпадений «$И_1$», «$И_2$», «$И_3$» и «$И_4$»; двух линий задержки импульсов $ЛЗ_1$ и $ЛЗ_2$ и выходного триггера $Тг_3$.

На диаграммах временных соотношений показаны: на графике *1* — синхронизирующие импульсы, вырабатываемые задающим генератором (*ЗГ*); на графике *2* — местоположение стробирующих импульсов при отсутствии описываемого устройства. На графике **3** показаны импульсы, искаженные помехами. На этом графике ***первый*** импульс является неискаженным; ***второй*** — укорочен с начала; ***третий*** — укорочен с конца; у ***четвертого*** — вырезана середина (случай дробления токового импульса); у *пятого* (двойного) — вырезана также середина; *шестой* — всплеск от помехи на бестоковом импульсе (дробление бестокового импульса). Последний (*седьмой*) импульс показан неискаженным. Очевидно, что при отсутствии данного устройства *четвертый* импульс был бы принят как бестоковый, а *шестой*

(всплеск) как токовый Однако при наличии данного устройства эти помехи не вызывают ложной регистрации искаженных импульсов.

Рассмотрим работу схемы. В исходном состоянии триггеров *Тг*₁, *Тг*₂ все схемы «И» закрыты. При поступлении с канала связи положительного импульса в усилителе *ПФУ* левый транзистор запирается, а правый — отпирается. От дифференцированного импульса, поступающего с парафазного усилителя *ПФУ*, срабатывает триггер *Тг*₁ (график *4*), и потенциальными сигналами, поступающими с *ПФУ* и *Тг*₁, открывается схема «*И*₁». Последняя подключает задающий генератор *ЗГ* к счетчику *СЧ*₁ (график *5*).

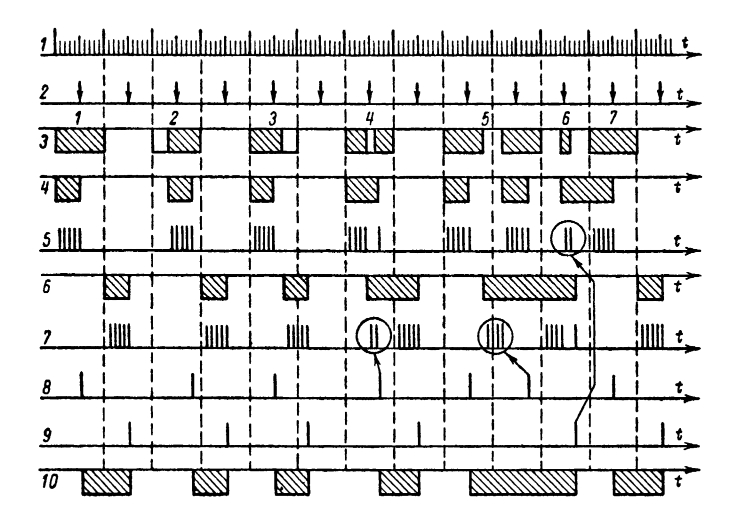


Рис. 79. Временные соотношения импульсов в основных узлах схемы на рис. 78.

1 — напряжение на выходе *ЗГ*; *2* — моменты регистрации принимаемых посылок в случае отсутствия интегрирующего устройства; *3* — кодовые посылки, поступающие из канала связи; *4* — напряжение на выходе *Тг*₁, *5* — напряжение на выходе «*И*₁»; *6* — напряжение на выходе *Тг*₂; *7*—напряжение на выходе «*И*₂»; *8* и *9* — напряжения на выходах «*И*₃» и «*И*₄»; *10* — кодовые посылки на выходе интегрирующего устройства.

Коэффициент счетчиков *СЧ*₁ и *СЧ*₂ определяется необходимой точностью интегрирования импульсов, принимаемых с канала связи. В то же время коэффициент счета каждого из этих счетчиков должен быть равен половине коэффициента деления делителя, предназначенного для получения импульсов, осуществляющих стробирование (регистрацию) импульсов, получаемых на выходе интегрирующего устройства. Однако в зависимости от условий конкретного применения интегрирующего устройства указанные соотношения могут быть установлены отличными. Например, таким способом могут быть устранены постоянные преобладания, появляющиеся в импульсах информации. В данном описании для объяснения принципа работы устройства коэффициент счета каждого счетчика взят равным пяти.

Каждый счетчик подсчитывает количество импульсов, подаваемых на его вход в тот момент, когда поступают импульсы с канала связи, т. е. преобразуются широтные признаки импульса, поступившего с канала связи, в число-импульсные признаки. Если число импульсов, поступивших на вход счетчика, равно пяти, то на его выходе возникает управляющий импульс (график *8*), который, проходя через схему «$И_3$», переключит триггер $Тг_1$ в исходное состояние. Последний отключит задающий генератор импульсов от счетчика $СЧ_1$. Одновременно с этим переключится триггер $Тг_3$ в другое состояние (график *10*); на выход схемы начинает поступать проинтегрированный импульс принимаемой информации, который будет задержан на половину длительности элементарного импульса. Аналогичным образом происходит интегрирование и при поступлении на вход бестокового импульса (графики *6*, *7* и *9*).

При поступлении импульсов, имеющих дробления, происходит поочередное заполнение счетчиков интегрирующего устройства. Как только один из счетчиков заполнится полностью, с его выхода поступает управляющий сигнал для переключения выходного триггера $Тг_3$ и установки в исходное состояние другого незаполненного счетчика. Благодаря такому взаимодействию счетчиков и происходит интегрирование входных импульсов, имеющих дробление. На временных диаграммах (графики *5* и *7*) для тех случаев, когда количество импульсов не было достаточным для полного заполнения счетчиков и, следовательно, подлежащие стиранию со счетчика, обведены кружками.

Схемы «$И_3$» и «$И_4$» необходимы для того, чтобы исключить воздействие на триггер $Тг_3$ импульсов, возникающих на выходе счетчика, при установке в исходное состояние одного счетчика от другого. На рис. 78 цепи сброса накопленного счета со счетчиков показаны проводами с тремя стрелками. Для надежного совпадения импульсов по времени в схемах «$И_3$» и «$И_4$» импульсы задающего генератора *ЗГ*, поступающие со схем «$И_1$» и «$И_4$», задерживаются линиями задержки $ЛЗ_1$ и $ЛЗ_2$ соответственно на время, равное времени задержки, создаваемое счетчиками при их переключении счетными импульсами.

Таким образом, из рассмотренного принципа работы интегрирующего устройства видно, что импульсы, получаемые на выходе, сдвигаются по отношению ко входным на половину посылки. Импульсы, имеющие дробление, укорачиваются с переднего фронта, а импульсные всплески суммируются со следующим кодовым импульсом.

Благодаря этому интегрирующее устройство является как бы фильтром, пропускающим только основную гармонику информации, не внося при этом краевых искажений в кодовых посылках. Кроме того, за счет устранения дроблений улучшается работа устройств синхронизации. Этот вопрос более подробно будет рассмотрен ниже.

Устройство получения поверочных разрядов кода, обнаруживающего ошибки. Основой устройства (рис. 80) является триггер $Тг_1$, осуществляющий логическое сложение по модулю два, и регистр сдвига — накопитель, осуществляющий хранение поверочных разрядов на время, необходимое для передачи основных символов кода.

Допустим, что на входе устройства поступил код основных разрядов. Они, пройдя через согласующую ячейку и схему «*ИЛИ*», поступят на вход триггера $Тг_2$. Последний является выходным электронным реле. Одновременно эти же разряды поступят на счетный вход триггера $Тг_1$, который будет срабатывать от каждого разряда, несущего сигнал «1».

На вход накопителя через схемы «$И_1$» и «$И_2$» поступит результат логического суммирования, осуществляемого триггером «$Тг_1$». Съем с правого плеча триггера $Тг_1$ обеспечивает инвертирование последнего разряда.

Как только в канал связи будут переданы разряды основного кода, так на вход триггера $Тг_2$ через схему «*ИЛИ*» поступят с накопителя разряды поверочного кода

В соответствии с алгоритмом кода, приведенном на стр. 118, в канал связи будет передана кодовая комбинация, состоящая из десяти разрядов.

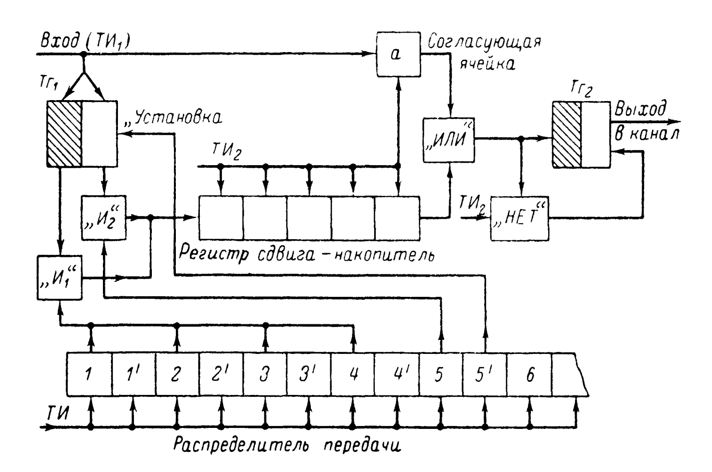


Рис. 80. Схема получения поверочных разрядов кода, обнаруживающего ошибки.

Поскольку запись и считывание информации с ферритовых ячеек должны происходить в различные моменты времени, то поэтому импульсы, считываемые с накопителя по отношению к импульсам, поступающим на его вход, задерживаются на половину периода следования импульсов задающего генератора, которые управляют работой распределителя циклов. На эту же величину времени необходимо задержать и код основных разрядов. Последнее осуществляется согласующей ячейкой *а*.

Устройство обнаружения ошибок. Это устройство (рис. 81) по существу устроено так же, как и устройство получения поверочных разрядов. Основное отличие состоит в том, что перед триггером $Тг_2$ стоит вместо схемы «ИЛИ» схема «ИЛИ — НЕТ», осуществляющая обнаружение ошибок.

И вообще следует заметить, что распределитель циклов приема состоит не из 20 ячеек, как это имело место на передаче, а из 10. Поэтому для получения импульса задержанного на половину периода следования управляющих импульсов распределителя, необходимого для установки «$Тг_1$» в исходное состояние, предусмотрена ячейка *б*, питаемая от $ТИ_2$ Последнее сдвинуто на половину периода по

отношению к $TИ_1$. Назначение ячейки *а* точно такое же, как и в схеме на рис. 80.

Работает устройство следующим образом. Схемой «$И_3$» осуществляется регистрация посылок, поступающих с интегрирующего устройства. Сигналы с выхода «$И_3$» поступают через ячейку *а* на схему «*ИЛИ — НЕТ*» и одновременно на счетный вход триггера $Tг_1$, образующего поверочный код, который записывается в накопитель.

По окончании поступления из канала связи импульсов основного кода в схеме «*ИЛИ — НЕТ*» начинает происходить сравнение разрядов поверочных кодов, поступающих из канала связи и из накопи-

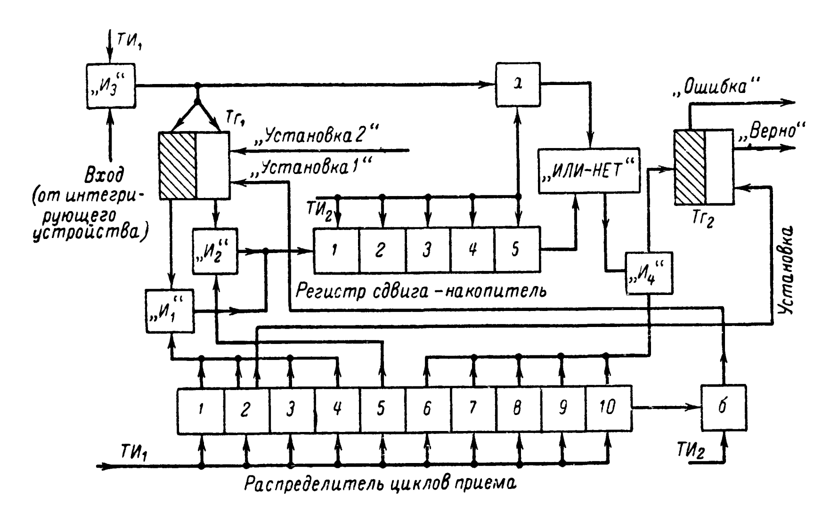


Рис. 81. Схема устройства обнаружения ошибок.

теля. В случае обнаружения ошибки сигнал с выхода схемы «*ИЛИ — НЕТ*», проходя через «$И_4$», которая открыта сигналами, поступающими с выходов *6—10* распределителя, переключает триггер $Tг_2$, который выдаст в последующие устройства сигнал «*Ошибка*».

В случае отсутствия ошибки триггер $Tг_2$ находится в исходном состоянии и с его выхода поступает сигнал «*Верно*».

При наличии синхронизма по циклам триггер $Tг_1$ по окончании цикла работы распределителя возвращается в исходное состояние сигналом, поступающим с ячейки *б* на вход «*Установка 1*», а при отсутствии синхронизма возвращается сигналом, поступающим со схемы контроля исправности канала связи на вход «*Установка 2*». Такое действие исключает ложное срабатывание триггера $Tг_1$ во время поиска синхронизма по циклам.

Устройство контроля за исправностью канала. Для повышения готовности системы телеуправления к работе целесообразно иметь возможность непрерывного контроля исправности канала связи, соединяющего передающий комплект с исполнительным. Такой контроль позволит привлекать внимание обслуживающего персонала непосредственно в момент нарушения, а не тогда, когда появится не-

обходимость производить операции по управлению и, следовательно, позволит своевременно принять меры по восстановлению работоспособности системы управления.

Это особенно важно, когда управление организуется по каналам УКВ или КВ радиосвязи, работоспособность которых может нарушаться по многим причинам, в том числе из-за ухудшения условий распространения радиоволн, при выходе из строя отдельных элементов аппаратуры и т. д. Поэтому контроль за каналом телеуправления должен осуществляться как в перерывах между передачей команд, так и в процессе их передачи. Для этой цели в интервалах между командами передается одна из разрешенных комбинаций, не связанная с телеуправлением, используемая в качестве поверочной. Благо-

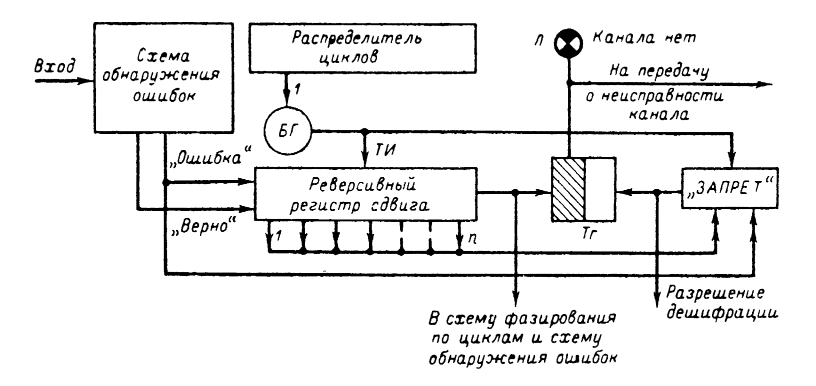


Рис. 82 Схема устройства контроля исправности канала.

даря этому имеется возможность судить о состоянии канала телеуправления по наличию или отсутствию обнаруженных ошибок, сигнал о которых будет поступать со схемы обнаружения ошибок.

Для того чтобы отличить случай нарушения исправности канала от случая искажения кодовых комбинаций помехами, необходимо иметь решающее устройство. В частности, для этих целей может быть применен реверсивный регистр сдвига, определяющий количество поступивших подряд искаженных комбинаций.

Поскольку вероятность появления необнаруживаемых ошибок, как правило, гораздо меньше, чем вероятность появления обнаруживаемых ошибок, то целесообразно использовать несимметричный регистр сдвига, у которого число разрядов при движении информации в направлении прямого хода равно m, а в направлении обратного хода — l, где $m>l$.

Предположим, что при обнаружении ошибки в принимаемой комбинации в реверсивном регистре происходит продвижение единицы на один разряд в прямом направлении, а при отсутствии ошибок — на один разряд в обратном направлении. Тогда сигнализация о нарушении исправного состояния канала будет выдаваться после обнаружения m ошибок подряд, а о восстановлении исправного состояния после приема подряд l неискаженных комбинаций.

В результате расчета и эксперимента установлено, что в реверсивном регистре сдвига следует выбирать около 10—15 ячеек.

Заметим, что реверсивный регистр сдвига может с успехом использоваться для отключения дешифратора принимаемых комбинаций при нарушении исправности канала и воздействии на приемное устройство аппаратуры телеуправления сигналов хаотических помех. Если связать разрешение дешифрирования команд с условием, что дешифрование допускается только при отсутствии информации в реверсивном регистре сдвига, то при обрыве канала связи получим надежное запирание цепей дешифрирования, позволяющее резко сни-

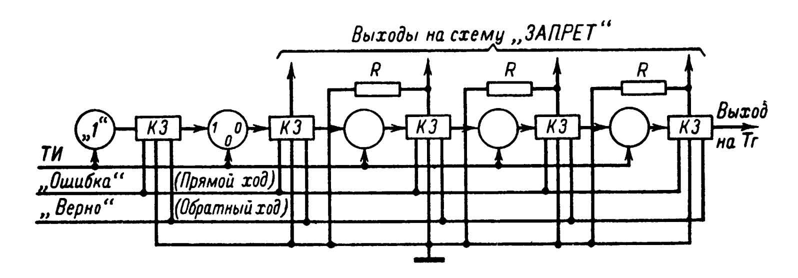


Рис. 83. Реверсивный регистр сдвига.

зить вероятность образования ложных команд из помех и главным образом в моменты нарушения канала связи Для этой цели, как правило, достаточно выбрать l, равным 2—3.

Блок-схема устройства приведена на рис. 82. Если обнаружена ошибка в принятой комбинации, то тогда сигнал «*Ошибка*» с выхода схемы обнаружения ошибок поступит на вход реверсивного регистра сдвига. Этим сигналом определяется направление движения единиц в регистре сдвига слева направо (прямой ход), которые будут поступать с датчика «1» (см. рис. 83). Если при приеме кодовых комбинаций схемой обнаружения ошибок искажения не фиксируются, то с этой схемы поступает сигнал «*Верно*». Этим сигналом определяется направление движения единиц в регистре сдвига справа налево. Записанные «1» сдвигаются из регистра влево.

Следовательно, при исправном канале, когда ошибки отсутствуют, регистр сдвига свободен от информации. При нарушении канала регистр начнет заполняться «1». Через m кодовых комбинаций с последнего разряда регистра поступит сигнал на триггер *Тг*, который сработав, зажжет сигнальную лампу, указывающую на неисправность канала. Одновременно этот же сигнал будет передан по исправному каналу на передающую станцию.

Первоначально блокировка дешифратора осуществляется непосредственно от сигнала «*Ошибки*», поступающего на схему «*Запрет*» со схемы обнаружения ошибок, и только последующая блокировка происходит от сигналов регистра, поступающих с промежуточных выходов 1 — n (рис. 82). При таком действии схемы при появлении ошибки только в одной кодовой комбинации, из-за задержки, происходящей в регистре сдвига, происходит дополнительная блокировка дешифратора еще на одну комбинацию, следующей за ошибочной

Благодаря такому действию уменьшается вероятность приема комбинации с необнаруженной ошибкой, потому что последние, как правило, следуют за обнаруженными.

Такой способ блокировки дешифратора приведет к некоторому снижению пропускной способности системы передачи команд из-за возникновения дополнительных блокировок, однако при групповом характере распределения ошибок в реальном канале снижение пропускной способности в данном случае окупается повышением достоверности передаваемой информации, что, безусловно, очень важно для аппаратуры телеуправления.

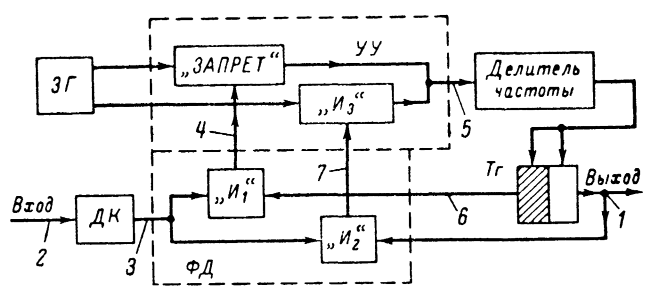


Рис. 84. Блок-схема устройства поимпульсной синхронизации.

ЗГ — задающий генератор; *ДК* — дифференцирующий контур; *УУ* — управляющее устройство; *ФД* — фазовый дискриминатор.

Исследования показывают, что среднее число подряд искаженных комбинаций в зависимости от протяженности радиолинии составляет три-четыре десятиразрядных комбинации.

Как только канал связи восстановится, то через l правильно принятых комбинаций с регистра сдвига спишутся все «1», на триггер *Тг* через схему «*Запрет*» поступит управляющий сигнал и триггер возвратится в исходное состояние.

Ускорение продвижения «1» в реверсивном регистре сдвига при обратном ходе также способствует уменьшению возможности появления ложной сигнализации о выходе из строя канала из-за накапливания сигналов ошибки в регистре сдвига. Это уменьшение достигается за счет того, что при обратном ходе информация с контуров задержки (*КЗ*) не передается в последующие элементы регистра, а замыкаются на себя через эквивалентное сопротивление соответствующего резистора R (рис. 83).

При выходе из строя канала ответной сигнализации или одновременно и прямого и обратного каналов сигнализация о неисправности фиксируется непосредственно устройством контроля исправности, размещенном на передающем комплекте аппаратуры пункта управления.

Таким образом, оператор получает сигнализацию об исправности как прямого, так и обратного каналов.

Устройство поимпульсной синхронизации. В том случае, когда регистрирующие импульсы смещаются от середины кодовых импульсов, принимаемых из канала связи, в ту или другую сторону, то это расценивается как отставание или опережение «щеток» приемного

распределителя по отношению к «щеткам» передающего распределителя в электромеханическом варианте на рис 56

Факт опережения или отставания в электронном варианте определяется устройством, называемым фазовым дискриминатором (*ФД*). По его сигналам в устройстве управления (*УУ*) в случае опережения регистрирующего импульса по отношению средней части посылки осуществляется вычитание одного из управляющего импульса, поступающего на вход делителя частоты, а в случае отставания — добавление одного импульса к импульсам, поступающим на вход делителя частоты. Благодаря этому происходит как бы уменьшение или увеличение частоты задающего генератора.

Блок-схема устройства по импульсной синхронизации приведена на рис. 84, а временные соотношения, получаемые в основных узлах схемы, на рис. 85.

Импульсы, получаемые на выходе задающего генератора (*ЗГ*), поступают на вход делителя частоты либо через устройство «*Запрет*», либо через схему «$И_3$» устройства управления. С выхода делителя частоты импульсы поступают на счетный вход триггера *Тг*, с помощью которого получаются два парафазных напряжения, необходимые для работы фазового дискриминатора. Положительные перепады с правого выхода используются для регистрации принимаемых посылок и для управления распределителем цикла приема.

Фазовый дискримина-

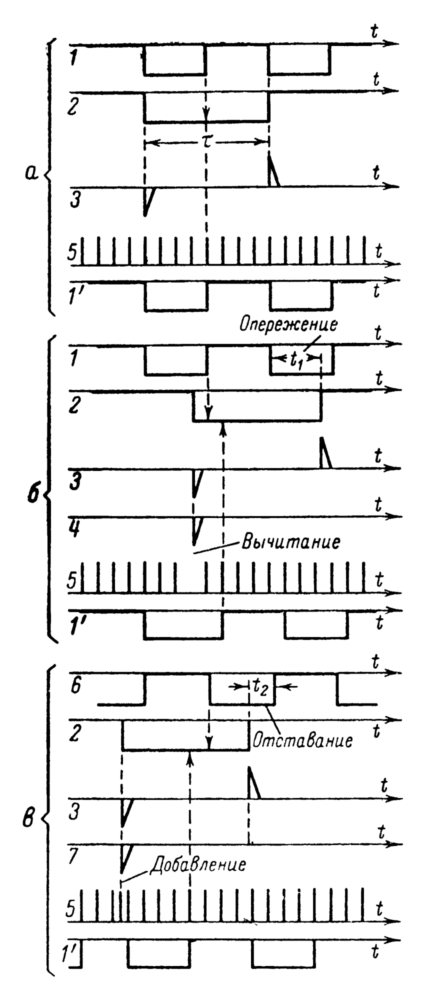


Рис. 85. Временные соотношения импульсов в основных узлах блок-схемы на рис. 84

1 и *6* — напряжения на парафазных выходах триггера *Тг* до корректирования частоты задающего генератора; *1'* — напряжение на левом выходе триггера *Тг* после корректирования частоты задающего генератора; *2* — напряжение на входе с канала связи; *3* — напряжение на выходе дифференцирующего контура *ДК*; *4* — напряжение на выходе схемы «$И_1$»; *5* — напряжение на входе делителя частоты; *7* — напряжение на выходе схемы «$И_2$»

тор состоит из схем «$И_1$» и «$И_2$», на вход которых поступают дифференцированные импульсы фронтов посылок (отрицательной полярности) и потенциальные сигналы, получаемые на парафазных выходах триггера.

В случае наличия синхронизма по импульсам в устройстве установятся соотношения между импульсами такие (рис 85, *а*), при которых не будет происходить ни добавление, ни вычитание импульсов

В случае опережения принимаемых импульсов по отношению к импульсам, получаемым с триггера *Тг* (рис. 85, *б*), с выхода схемы «$И_1$» на схему «*Запрет*» поступит запрещающий сигнал (ось времени *4* на рис. 85, *б*). В результате схема «*Запрет*» не пропустит в делитель частоты один импульс (ось времени *5* на рис. 85, *б*). По этой причине управляющие импульсы сместятся относительно фронта принятого импульса вправо на один шаг, что эквивалентно увеличению периода задающего генератора

В случае отставания возникает управляющий сигнал на выходе схемы «$И_2$», который с помощью схемы «$И_3$» осуществит добавление управляющего импульса на входе делителя частоты так, как показано на рис. 85, *в*.

В подобных схемах точность поддержания синхронизма зависит от величины коэффициента деления делителя. Чем больше эта величина, тем точнее происходит установка синхронизма, и наоборот Однако, чем больше коэффициент деления, тем медленнее устанавливается синхронизм. Практически, чтобы удовлетворить оба требования, выбирают коэффициент деления с учетом деления на два, осуществляемого триггером, равным 50—60. При этом стабильность задающего генератора должна быть не хуже $1 \cdot 10^{-4}$.

В данной схеме при воздействии случайных помех может иметь место ложное корректирование, снижающее точность синхронизации Чтобы уменьшить влияние помех, обычно в схему устройства включают интегрирующие элементы. В нашем случае эту роль выполняет интегрирующее устройство, включенное на входе аппаратуры.

Устройство фазирования по циклам. Основой устройства фазирования с поразрядным сдвигом является решающая схема, состоящая из устройства обнаружения ошибок и цифрового интегратора. В нашем случае мы используем устройство, определяющее исправность канала связи.

Блок-схема одного из вариантов устройства фазирования с поразрядным сдвигом приведена на рис. 86. В ней синхронизм между частотой задающего генератора (*ЗГ*), который управляет работой распределителя циклов, и частотой импульсов, поступающих с канала связи, устанавливается с помощью схемы поимпульсной синхронизации

Факт нарушения связи или рассогласования по циклам определяется схемой обнаружения ошибок и цифровым интегратором — реверсивным регистром сдвига, изображенным на схеме рис. 82.

Как только устройством контроля исправности канала установится факт нарушения связи, а последнее также может означать и отсутствие синхронизма, то с выхода реверсивного регистра сдвига будут поступать в устройство фазирования (рис. 86) запрещающие сигналы за каждый цикл работы распределителя. В результате схемой «*Запрет*» будет осуществляться торможение распределителя циклов каждый раз на один тактовый импульс (двоичный разряд). Так будет происходить до тех пор, пока не установится синхронизм по циклам.

Техническое выполнение рассмотренного устройства фазирования весьма простое. Достаточно сказать, что в нем дополнительным элементом является лишь схема «*Запрет*», остальные же узлы устройства используются для решения других задач, указанных выше.

Основным недостатком данного способа фазирования является сравнительно большое время восстановления синхронизма. При нарушении синхронизма период восстановления будет складываться из времени, необходимого для определения факта рассогласования, и времени, необходимого для поиска фазы. Последнее в свою очередь

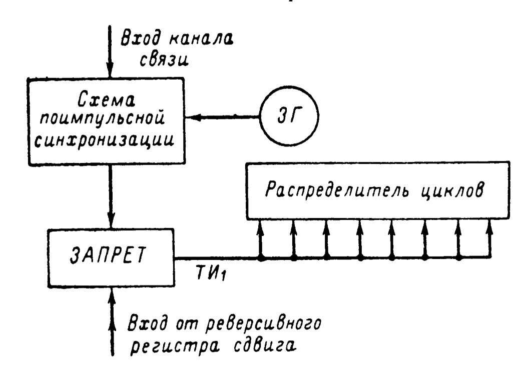


Рис. 86. Блок-схема устройства фазирования с поразрядным сдвигом.

будет определяться величиной и направлением рассогласования. В этом отношении имеет преимущество устройство прямого фазирования.

В устройстве прямого фазирования анализируется причина появления каждой обнаруженной ошибки в принятой кодовой комбинации.

Если установлено, что ошибка произошла по причине рассогласования циклов, то распределитель циклов без поиска фазы, как это имело место в устройстве с поразрядным сдвигом, устанавливается в соответствующее положение.

Недостатком схем прямого фазирования является значительная сложность устройства.

Избирательное управление несколькими объектами по одному каналу связи

Выше мы рассмотрели принципы работы и устройство аппаратуры для управления одним объектом или движущейся моделью Рассмотрим теперь возможность управления несколькими объектами. Допустим, что необходимо с одного трактора управлять работой группой тракторов, выполняющих сельскохозяйственные работы. Для управления трактором, а также навесными и прицепными орудиями, имеющимися у трактора, необходимо передавать около восьми команд. Управление группой тракторов можно осуществить с одного

пульта, команды которого будут передаваться одним передатчиком на все тракторы, входящие в управляемую группу.

Для группового управления можно воспользоваться адресным способом, применяемым в вычислительных машинах. Сущность этого способа состоит в том, что перед кодом каждой команды посылается код адреса. Последний указывает, какому объекту посылается данная команда.

В приемной части дешифрирующее устройство должно состоять из двух дешифраторов: первый — для дешифрации адреса и второй для дешифрации команд. Если принимаемый код адреса соответствует данному объекту, то последний посылает разрешающий сигнал в дешифратор команд.

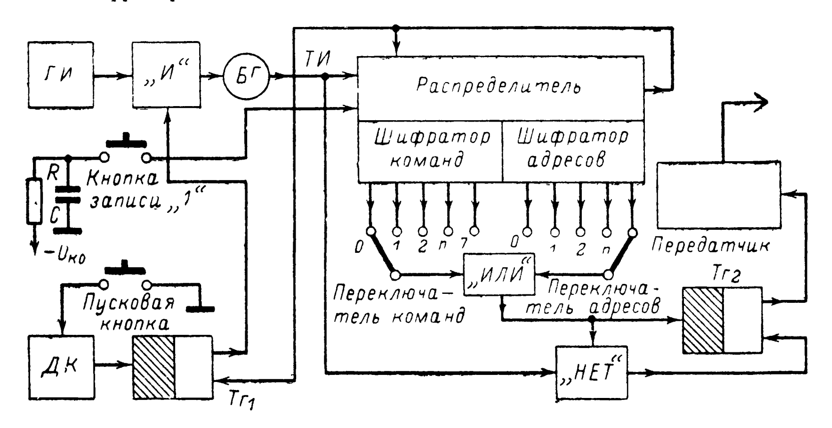


Рис. 87. Блок-схема передающей части групповсго управления объектами.

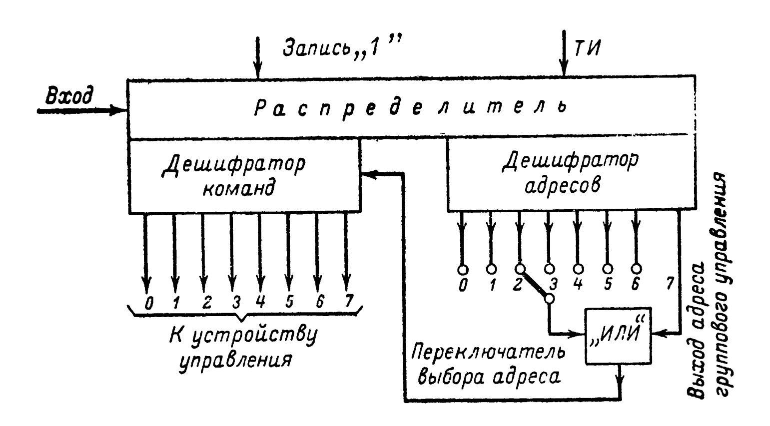


Рис 88 Блок-схема дешифрирующего устройства приемной части группового управления объектами.

Для того чтобы было возможным подавать команды одновременно на все объекты, т. е. вести циркулярную передачу, одна из команд адреса устанавливается общей.

Блок-схема группового управления объектами приведена на рис. 87. Эта схема отличается от схемы на рис. 70 тем, что на регистре сдвига, имеющем число ячеек, равное сумме разрядов в коде адреса и коде команд, установлены два раздельных шифратора. Один из шифраторов служит для выбора команд, а второй — для выбора адреса.

Блок-схема дешифрирующей части приемного устройства изображена на рис. 88. Отличие этой схемы от схем на рис. 72 и 74 состоит в том, что устраиваются два дешифратора: первый — для дешифрации команд и второй — для дешифрации адресов.

Присвоение адреса тому или другому объекту группы осуществляется переключателем выбора адреса. Выход переключателя адреса и выход адреса группового управления объединены общей схемой *«ИЛИ»*.

В рассмотренном способе передача команд по тому или другому адресу достигается за счет введения специальной информации. За счет этой информации увеличивается время передачи команды, а следовательно, уменьшается эффективность использования канала связи.

Если для повышения достоверности передаваемых команд используется избыточное кодирование, то эту же избыточную информацию можно использовать и для целей адресования передаваемых команд.

В этом случае роль адреса может выполнять сама структура кода. Чтобы передать команду только по нужному адресу, достаточно кодовые элементы, передаваемые в канал связи, установить в порядке, соответствующем для данного адреса. Например, для первого адреса устанавливаются символы кода в следующем порядке:

$$б_5 б_4 б_3 б_2 б_1 a_5 a_4 a_3 a_2 a_1,$$

для второго адреса

$$б_5 a_4 a_3 б_2 б_1 a_5 a_4 a_3 б_2 б_1,$$

и т. д.

На приеме схема обнаружения ошибок и схема фазирования по циклам реагирует только на определенное расположение основных и поверочных символов. Следовательно, прием произойдет только в том случае, когда расположение символов кодовой комбинации соответствует передаваемому адресату.

Математические исследования показывают, что при таком способе передачи можно образовать $(n-1)!$ адресов, где n — число разрядов в кодовой комбинации, ! — знак факториала. Однако и это не является пределом.

Даже при описанном способе при передаче 10-разрядными помехозащищенными кодовыми комбинациями можно образовать:

$$(10-1)! = 300\,000 \text{ адресов.}$$

Таким образом, введенная избыточность в кодовые комбинации позволяет не только обнаруживать ошибки, возникающие в результате воздействия помех на канал связи, но и также следить за исправностью канала связи, вводить системы в синхронизм и может служить для адресования по соответствующим приемным устройствам, работающим в общей сети связи.

Код Морзе

Знаки Морзе	Буквы русские	Буквы латинские	Знаки Морзе	Цифры	Знаки препинания и служебные сигналы
· —	А	A	· — — — —	1	(,) запятая · — · — · —
— · · ·	Б	B	· · — — —	2	( ) точка · · · · · ·
· — —	В	W			
— — ·	Г	G	· · · — —	3	(,) точка с запятой — · — · —
— · ·	Д	D	· · · · —	4	(:) двоеточие — · · ·
·	Е	E	· · · · ·	5	(?) вопросительный знак · · — — · ·
· · · —	Ж	V			
— — · ·	З	Z	— · · · ·	6	(№) номер — · · — ·
· ·	И	I	— — · · ·	7	(«») кавычки · — · · — ·
— · —	К	K	— — — · ·	8	(’) апостроф · — — — — ·
· — · ·	Л	L			
— —	М	M	— — — — ·	9	() скобки — · — — · —
— ·	Н	N	— — — — —	0	(!) восклицательный знак — — · · — —
· — — ·	П	P			
· — ·	Р	R			
· · ·	С	S			(—) тире — · · · · —
—	Т	T			
· · —	У	U			/// дробная черта — · · — ·
· · — ·	Ф	F			
· · · ·	Х	H			Ждать · — · · ·
— · — ·	Ц	C			Знак раздела — · · · —
— — — ·	Ч	—			Перебой (исправление ошибки) · · · · · · · ·
— — — —	Ш	—			
— — · —	Щ	Q			Сигнал о начале передачи (НП) — · — — ·
— · — —	Ы	Y			
· · — —	Ю	—			Сигнал о готовности к приему (ПО) · — — · — — —
· — · —	Я	—			
· — — —	Й	J			Начало действия · — · — · — · — ·
— · · —	Ь, Ъ	X			
· · — · ·	Э	Ė			Знак окончания передачи · — · — ·

Параметры неоновых ламп

Тип лампы	Род тока	Номинальное напряжение, *в*	Наибольшее напряжение зажигания, *в*	Наибольший ток, *ма*	Срок службы, *ч*	Наибольшие габаритные размеры, *мм*		Дополнительное сопротивление
						диаметр	длина	
СН-1	Переменный	220	150	20	1 000	56	90	Балластное сопротивление, встроенное в лампу
СН-2	»	127	82	30	1 000	56	90	
МН-3	Постоянный	—	65	1	300	15	37	Внешнее балластное сопротивление, ограничивающее ток до 1 *ма*
МН-4	»	—	80	2	500	15	37	—
МН-5	Переменный	180	150	0,2	200	9,5	34,5	Внешнее балластное сопротивление 300 *ком* и шунтирующее сопротивление 1 *Мом*
МН-6	Постоянный	—	90	0,8	100	6,8	28	Внешнее балластное сопротивление, ограничивающее ток до 0,8 *ма*
МН-7	»	—	87	2	200	15	40	Внешнее балластное сопротивление, ограничивающее ток до 2 *ма*
МН-8	»	—	85	1	200	9,5	34,5	—
МН-11	»	—	85	5	100	14,5	42	—
ПН-1	»	220	200	1	300	15,5	45	Внешнее балластное сопротивление порядка 80 *ком*
ФН-2	Переменный	—	140	1	100	9,2	26	Внешнее балластное сопротивление, ограничивающее ток до 1 *ма*
ВМН-1	»	—	160	2	—	9	51	Внешнее балластное сопротивление, ограничивающее ток до 2 *ма*
УВН-1	»	—	550	—	—	10	70	Последовательно с лампой включается конденсатор
ПН-3	Постоянный	—	90	0,5	300	15,5	45	—

Примечание. Лампы типа МН-3 распределяются по напряжению зажигания на отдельные группы до 48 *в*, 48—50 *в*; 51—53 *в*; 54—56 *в*, 57—59 *в* и 60—65 *в*

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Основные параметры тиратронов

Параметры тиратронов	ТХ3Б, тетрод	ТХ4Б, тетрод	ТХ6Г, пентод—триод	ТХ7Г, пентод	ТХ8Г, пентод	ТХ13Г, тетрод	МТХ90, триод
Напряжение зажигания между анодом и катодом, *в*	190—230	225—280	260—350	260—320	260—350	150—220	150—320
Напряжение горения между анодом и катодом, *в*	95—115	100—120	130	130	130	110	45—63
Напряжение зажигания между сеткой и катодом, *в*	90—125	87—150	60—90	60—120	60—90	70—110	65—83
Наименьшее смещение на управляющей сетке, *в*	30	30	0	0	0	0	35—50
Средний анодный ток, *ма*	0,1—3,5	0,1—1	0,3—2	0,3—2	0,3—2	1	0,2—5
Наибольший анодный ток в импульсе, *ма*	10	3,5	2	2	2	2	20
Запаздывание зажигания, *мксек*	2	2	10	10	10	0,1	0
Время деонизации (восстановления), *мксек*	60—150	20—30	200	200	200	5	100—700
Срок службы, *ч*	5000	1 500	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000
Размеры баллона $D \times L$, *мм*	34×85	10,2×42	10,2×40	13×40	13×40	10×40	12×32

ЛИТЕРАТУРА

Полетаев И. А., Сигнал, изд-во «Советское радио», 1958.

Котов П. А., Сергиевский Б. Р. и Шляпоберский В. И., Курс телеграфии, Воениздат, 1952.

Казарян Р. А., Кувшинов Б. Н. и Назаров М. В., Элементы общей теории связи, Госэнергоиздат, 1957.

Мартынов Е. М., Бесконтактные переключающие устройства, Госэнергоиздат, 1961.

Мартынов Е. М., Автоматический электронный телеграфный ключ, Авторское свидетельство № 123576 с приоритетом от 25 февраля 1959.

Мартынов Е. М., Чернягин Б. М., Шполянский В. А., Камертонный хронометр на феррит-транзисторных элементах, «Часы и часовые механизмы», 1962, № 3.

Мартынов Е. М., Чернягин Б. М., Шполянский В. А., Первичный кварцевый хронометр с кодирующим устройством и цифровой индикацией, «Часы и часовые механизмы», 1963, № 5.

Логинов В. Н., Радиотелеуправление, Госэнергоиздат, 1950.

Клементьев С. Д., Модели, управляемые по радио, Госэнергоиздат, 1951.

Бруинсма А. Х., Радиоуправление моделями кораблей, Госэнергоиздат, 1951.

Клементьев С. Д., Телеавтоматика, Учпедгиз, 1958.

Мартынов Е. М., Интегрирующее устройство дискретного действия, Авторское свидетельство № 179795, с приоритетом от 31 июля 1963.

Гуров В. С., Емельянов Г. А., Етрухин Н. Н., Базилевич Е. В., Основы передачи данных по проводным каналам связи, изд-во «Связь», 1964.

Тепляков И. М., Радиотелеметрия, изд-во «Советское радио», 1966.

Ёркин А М., Лампы с холодным катодом, изд-во «Энергия», 1967.

Верхопятницкий П. Д., Электрические элементы судовых радиоэлектронных и вычислительных устройств, изд-во «Судостроение», 1967.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Мартынов Евгений Михайлович

Электронные устройства дискретного действия

Редактор *В. С. Харламов*

Обложка художника *Н. Т. Ярешко*

Технический редактор *О. Д. Кузнецова* Корректор *З. Б. Шлайфер*

Сдано в набор 14/X 1968 г. Подписано к печати 7/II 1969 г. Т-02641

Формат $84 \times 108^1/_{32}$ Бумага типографская № 2

Усл. печ. л. 7,56 Уч.-изд. л. 10,11

Тираж 35.000 экз. Цена 41 коп. Зак. 1208

Издательство «Энергия» Москва, Ж-114, Шлюзовая наб , 10

Владимирская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Гор Владимир, ул. Победы, д 18-б

Цена 41 коп.